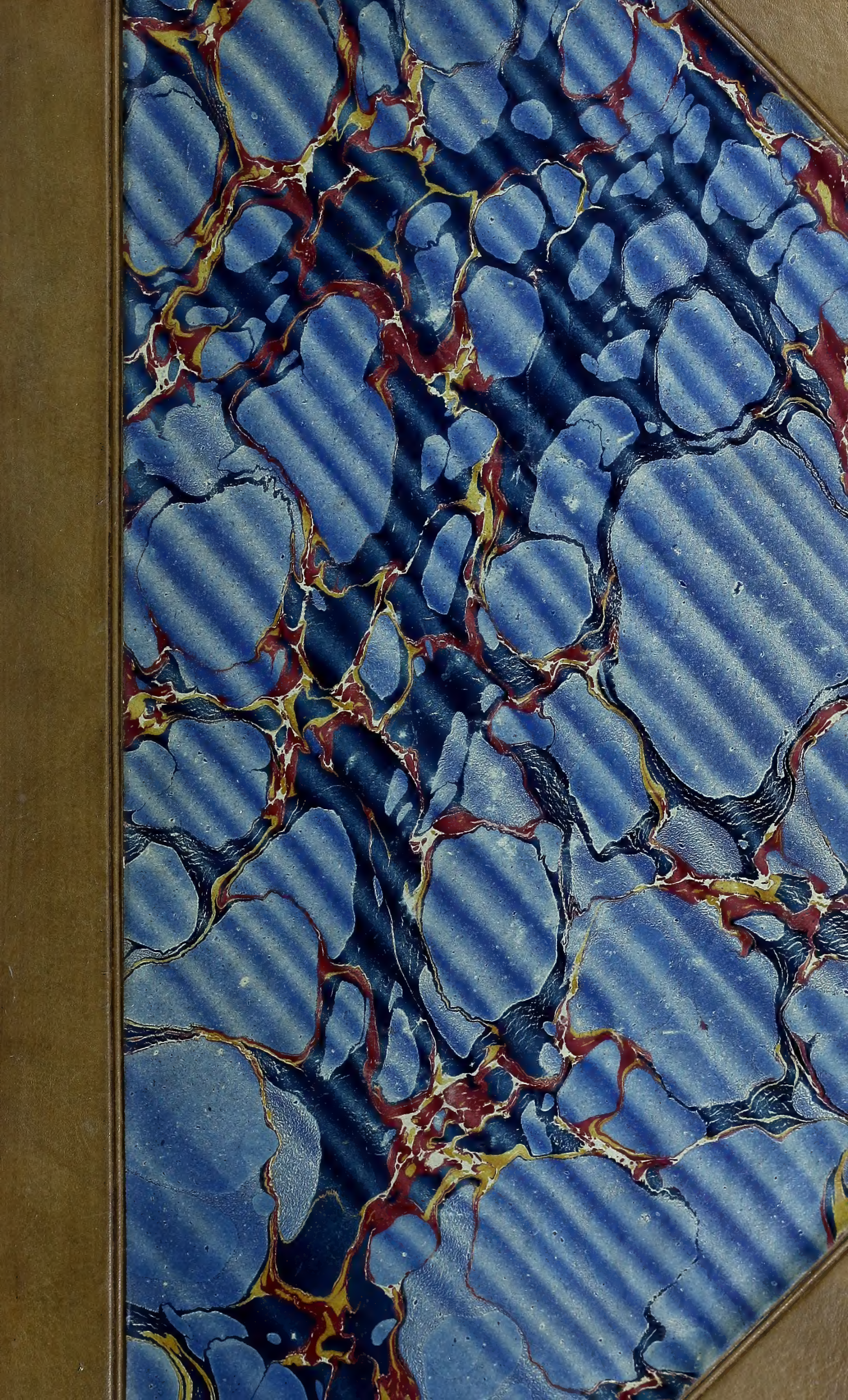


SHOUT
SHARE
IT

S. 416.

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

SIXIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY

ANNALES
DES
SCIENCES NATURELLES

SIXIÈME SÉRIE

BOTANIQUE

COMPRENANT
L'ANATOMIE, LA PHYSIOLOGIE ET LA CLASSIFICATION
DES VÉGÉTAUX VIVANTS ET FOSSILES

PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION DE
M. J. DECAISNE

TOME XI.

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon
EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

ANNALES

DES

SCIENCES NATURELLES

BOTANIQUE

RECHERCHES
SUR
L'APPAREIL TÉGUMENTAIRE DES RACINES

Par Louis **OLIVIER**.

L'appareil tégumentaire des racines comprend l'ensemble des tissus extérieurs au système vasculaire, c'est-à-dire qu'il se compose de l'assise pilifère externe, du parenchyme sous-jacent, de la membrane périphérique du cylindre central et des tissus secondaires qui dérivent de ces éléments (1).

Je me propose d'exposer dans ce mémoire les recherches que j'ai entreprises sur la structure et le mode de développement de cet appareil; mais, avant d'indiquer les résultats de mes travaux personnels, je dois rappeler ceux auxquels sont parvenus les savants qui se sont occupés du même sujet avant moi.

---

(1) On désigne souvent sous le nom d'Écorce l'ensemble des tissus extérieurs aux faisceaux vasculaires; on consacre ainsi une confusion fâcheuse entre les éléments extérieurs au cylindre central et ceux qui, chez un grand nombre d'espèces végétales, dérivent de la première assise de ce cylindre. L'endoderme constituant l'assise interne de l'écorce, je ne qualifierai de corticales que cette membrane et les assises, primaires ou secondaires, qui la recouvrent.

HISTORIQUE

Le système tégumentaire de la racine a rarement été l'objet de recherches spéciales.

On l'étudia cependant dès que le microscope fut appliqué à l'examen des végétaux : ainsi, en 1810, Mirbel (1) décrivit dans la racine du *Nymphæa lutea* une écorce comparable à celle des tiges (2). Néanmoins, la distinction nette du cylindre central et du système tégumentaire ne fut faite qu'en 1831, par Hugo von Mohl (3), sur la racine d'un Palmier, le *Diplothemium maritimum*.

Dès lors, les auteurs qui traitèrent de la racine (Mirbel, Mohl, Hartig, Schleiden, Trécul, Unger) firent porter leurs observations presque exclusivement sur les formations vasculaires du cylindre central; aussi faut-il arriver jusqu'en 1866, époque à laquelle M. Ph. Van Tieghem fit paraître son mémoire sur la structure des Aroidées (4), pour trouver la première anatomie détaillée de l'écorce chez quelques Monocotylédones. L'auteur y décrit une assise externe pilifère absolument semblable à l'épiderme de la tige, un parenchyme sous-jacent, susceptible de renfermer, suivant les espèces, des faisceaux fibreux, des canaux oléo-résineux, des cellules à gomme et du liège vers sa partie périphérique.

D'autre part, M. Nægeli avait montré dès 1858, que la structure primaire des racines des Dicotylédones est comparable à la structure permanente des racines des Monocotylédones et que, dans les cas où les parties âgées présentent une organisation différente, cette dissemblance est le résultat d'un développement secondaire propre aux Dicotylédones (1).

---

(1) Examen de la division des Végétaux en endorhizes et exorhizes. *Comptes rendus*, 8 octobre 1810, *Ann. du Muséum*, t. XVI, p. 145, pl. 5.

(2) M Trécul, reprenant, en 1845, l'étude du *Nuphar luteum*, montra que cette plante présente dans l'organisation de sa racine et de sa tige une frappante analogie avec les Monocotylédones. — Trécul, *Ann. sc. nat.*, 3e série. t. IV. Je reviendrai plus loin sur les faits de ce genre.

(3) Hugo von Mohl, *De Palmarum structura*, pl. 18.

(4) *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. VI, 1866.

Il y avait donc lieu de rechercher la loi de ce développement. C'est ce que fit M. Ph. Van Tieghem, en 1870, dans son *Mémoire sur la Racine* (2). L'auteur avait pour but principal d'examiner d'une façon comparative le mode de formation du système vasculaire des racines chez les Cryptogames et les divers groupes de Phanérogames ; il a pourtant maintes fois indiqué la composition de l'appareil tégumentaire chez les espèces dont il avait à décrire les formations vasculaires.

Enfin M. Ch. Flahault fit paraître en 1878 ses « Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames » (3). Il montre dans cette étude que la coiffe et l'épiderme de la racine se développent différemment chez les Monocotylédones et les Dicotylédones ; il donne de la coiffe des principaux représentants de ces deux embranchements une description à la fois si détaillée et si précise, que je n'aurai que peu de chose à y ajouter. Il a fait aussi sur la valeur morphologique de l'épiderme de la racine bien des observations intéressantes, et, plusieurs étant restées inédites, il a bien voulu me les communiquer. Je les exposerai, en rappelant qu'elles lui sont dues, lorsque je ferai connaître, au début même de ce mémoire, mes recherches personnelles sur la même assise (4).

Grâce à cet ensemble de travaux, la science possède aujourd'hui sur le tégument des racines des connaissances que l'on peut résumer ainsi :

---

(1) Nægeli. Sur l'accroissement de la tige et de la racine dans les plantes vasculaires (*Beiträge zur wissensch. Bot.*, I, Heft., 1858).

(2) *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XIII, 1870.

(3) *Ann. sc. nat.*, 6ᵉ série, t. VI, 1878. Plusieurs auteurs, parmi lesquels il faut citer de MM. de Janczewski, Treub et Eriksson, se sont occupés de ce sujet avant M. Flahault (voy. 1ʳᵉ partie, sect. I, chap. I, § 1).

(4) Voy. 1ʳᵉ partie, sect. I, chap. I, § 1.

A l'état primaire, la racine de toute plante vasculaire présente sur une coupe transversale et de dehors en dedans :

1° Une assise externe considérée comme un épiderme et presque toujours pourvue de longs poils absorbants ;

2° Un parenchyme cortical, offrant ordinairement deux zones bien distinctes : l'externe, dont le développement est centrifuge ; l'interne, dont le développement est centripète.

L'assise interne du parenchyme cortical, appelée *Membrane-protectrice* ou *Endoderme*, est caractérisée par les plissements des parois radiales de ses cellules, parois qui s'engrènent ainsi deux à deux l'une dans l'autre, comme l'ont montré M. Caspary (1) et M. Nicolaï (2).

On considère le rôle de cette membrane comme exclusivement protecteur (3), excepté chez les Cryptogames vasculaires. M. Pfitzer a fait voir que chez les Equisétacées elle constitue l'avant-dernière assise de l'écorce.

3° Un cylindre central commençant le plus souvent par une assise périphérique dont les éléments sont opposés à ceux de la dernière assise du parenchyme cortical ; chez les Phanérogames, c'est cette assise périphérique qui contient les cellules rhizogènes.

L'organisation primaire du cylindre central est permanente chez les Cryptogames vasculaires et la plupart des Monocotylédones (4) ; elle est généralement transitoire chez les Dicotylédones.

M. Van Tieghem a reconnu que, chez un grand nombre de ces dernières plantes, le développement des vaisseaux secondaires entraîne l'exfoliation de l'écorce primaire. Dans bien des cas, il a vu la membrane périphérique du cylindre central organiser du parenchyme secondaire à l'intérieur et des cellules subéreuses à l'extérieur.

---

(1) Caspary, les Hydrillées, *Ann. sc. nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 360.

(2) Caspary, Bemerkungen über die Schutzscheide (*Pringsheim's Jahrbücher*, 1866, t. IV, p. 101).

(3) Voyez plus loin, 2e partie, 3e sect., chap. II, § 1.

(4) Je dis « la plupart », parce que, comme on le sait, il y a une période secondaire dans la racine de l'*Aletris fragrans* et de plusieurs *Dracæna*.

Plusieurs fois aussi le même auteur a signalé la présence de cellules subéreuses à la surface du parenchyme cortical primaire ; mais il n'étudia pas le liège des racines, qui ne rentrait pas dans le cadre de ses recherches.

Le seul travail qui ait paru sur ce sujet est une courte note de M. Jörgensen (1), publiée au moment où j'avais déjà rassemblé bon nombre d'observations personnelles relatives à la même question; avant de continuer à les étendre, j'ai donc pu les confronter avec celles du savant danois. J'ai été heureux de constater chez les quelques espèces examinées par M. Jörgensen les faits qu'il y signale. Mais je ne saurais adopter les conclusions qu'il en induit pour la généralité des plantes (2).

M. Jörgensen a remarqué que «les cellules subéreuses de la racine ressemblent en général à celles de la tige; il n'est point rare, ajoute-t-il, qu'elles soient plus grandes». C'est en effet ce que j'ai reconnu chez les Angiospermes; il m'est même arrivé de trouver les cellules subéreuses de la racine jusqu'à six fois plus volumineuses que celles de la tige (3).

L'auteur dit aussi que, « dans la plupart des cas, les faisceaux libériens primaires de la racine, même s'ils sont fortement développés, se compriment pendant la formation du tissu subéreux et finissent par être complètement résorbés ». C'est là un fait dont je n'ai reconnu la fréquence que chez les Gymnospermes et les Dicotylédones, mais qui, même chez les Dicotylédones, est loin d'être général.

Quant aux initiales du liège dans le cas où ce tissu procède de la membrane périphérique du cylindre central, j'examinerai, en m'appuyant sur un grand nombre de faits recueillis par moi, l'opinion de M. Jörgensen, d'après laquelle le suber dériverait des cellules de l'assise périphérique situées en regard des faisceaux libériens primaires.

---

(1) Alfred Jörgensen. Formation de couches subéreuses dans la racine ; *Særtryk af Bot. Tidsskrift*, 3 række, 3 bind, Copenhague, 1879.

(2) On verra, par exemple, dans ce mémoire, quelles réserves il convient d'apporter à cette assertion que le sens du développement du liége est le plus souvent centripète intermédiaire.

(3) Ce fait n'est cependant pas général. Chez les Quercus Suber, les cellules du liège sont plus grandes dans la tige que dans la racine.

Enfin il est, relativement au liège des racines, plusieurs questions importantes dont cet auteur ne s'est pas occupé; c'est ainsi qu'il a négligé d'étudier le *degré de précocité du liège*, le *niveau* de la racine où il se forme, et les *différences* qu'il présente sous ce rapport et au point de vue *anatomique* également, *suivant les espèces, le diamètre du membre et les variations du milieu physique.*

Je me suis efforcé de combler ces lacunes en recourant à la fois à l'observation et à l'expérience.

Mes recherches comprenant, d'une part les tissus primaires (membrane pilifère, assise sous-jacente, zones parenchymateuses, endoderme, assise périphérique du cylindre central, éléments isolés dans ces assises), et d'autre part les formations secondaires du tégument radical, j'exposerai d'abord la constitution anatomique des éléments primaires, la situation relative et les connexions morphologiques des tissus qu'ils composent; je décrirai aussi les variations qu'ils présentent suivant le genre de vie des racines, indépendamment des groupes taxonomiques auxquels elles appartiennent. Puis, après avoir indiqué de quelles assises primaires peuvent dériver les formations secondaires de l'appareil tégumentaire, j'étudierai l'évolution de cet appareil, en la suivant dans la série des plantes, parce qu'elle y est corrélative du mode de développement du système vasculaire. Cette méthode me permettra de déterminer l'origine des tissus secondaires, leurs caractères différentiels et ceux des tissus primaires, non seulement selon les groupes naturels, mais aussi dans chaque groupe selon la durée de la racine, les dimensions qu'elle peut atteindre et le milieu où elle vit. La comparaison du système tégumentaire de la racine à celui de la tige sera ainsi rendue possible. Enfin j'ajouterai aux observations recueillies au cours de ce travail quelques expériences destinées à les éclairer.

En conséquence, ce mémoire se divise de la façon suivante :

PREMIÈRE PARTIE

ÉTUDE DES ÉLÉMENTS DE L'APPAREIL TÉGUMENTAIRE DES RACINES ET DES TISSUS QUI LE COMPOSENT

1re *section : Éléments primaires.*

CHAPITRE Ier. — ASSISE PILIFÈRE

§ 1. — Valeur morphologique de l'assise pilifère ; ses rapports avec la coiffe.
§ 2. — Multiplication de l'assise pilifère ; voile.
§ 3. — Caractères anatomiques de l'assise pilifère.
§ 4. — Poils externes.

CHAPITRE II. — TISSU PARENCHYMATEUX

§ 1. — Assise épidermoïdale.
§ 2. — Zones parenchymateuses.
§ 3. — Endoderme.

CHAPITRE III. — ASSISE PÉRIPHÉRIQUE DU CYLINDRE CENTRAL.

CHAPITRE IV. — ÉLEMENTS ÉPARS DANS LE TÉGUMENT

§ 1. — Cellules et Canaux sécréteurs.
§ 2. — Cellules scléreuses.
§ 3. — Collenchyme et Prosenchyme.
§ 4. — Poils internes.

2e *section : Éléments secondaires.*

CHAPITRE I. — LIÈGE ET SUBÉROÏDE

§ 1. — Liège. Remarque sur la subérification et les opérations microchimiques.
§ 2. — Subéroïde.

CHAPITRE II. SCLÉRENCHYME SECONDAIRE

CHAPITRE III. — PARENCHYME TÉGUMENTAIRE SECONDAIRE

DEUXIÈME PARTIE

APPAREIL TÉGUMENTAIRE CONSIDÉRÉ DANS LA SÉRIE DES PLANTES.

1re *section : Cryptogames vasculaires.*

2e *section : Monocotylédones.*

CHAPITRE I. — ASSISE PÉRIPHÉRIQUE ET ENDODERME.

CHAPITRE II — TISSUS SECONDAIRES DU TÉGUMENT.

§ 1. — Liège et Périderme.

Forme des cellules; sens du développement; niveau de la formation suivant les espèces, le genre de vie et le diamètre transversal de la racine.

§ 2. — Subéroïde.

§ 3. — Sclérenchyme secondaire.

3e section : Gymnospermes.

4e section : Dicotylédones.

CHAPITRE I. — DICOTYLÉDONES DONT LE SYSTÈME VASCULAIRE SECONDAIRE EST PRÉCOCE.

§ 1. — Persistance de l'Écorce primaire.

§ 2. — Exfoliation de l'Écorce primaire.

Remarques sur l'influence que le genre de vie de la racine exerce sur la formation subéreuse, sur la résorption du liber, l'intervention de l'assise périphérique du cylindre central dans la réunion des arcs cambiaux en une zone unique, sur la comparaison du liège des racines à celui des tiges.

CHAPITRE II. — DICOTYLÉDONES DONT LE SYSTÈME VASCULAIRE SECONDAIRE EST TARDIF.

§ 1. — Plantes herbacées.

Influence des rhizomes.

§ 2. — Plantes ligneuses.

Influence du diamètre et du genre de vie de la racine.

PREMIÈRE PARTIE.

ÉTUDE DES ÉLÉMENTS DE L'APPAREIL TÉGUMENTAIRE

L'*appareil tégumentaire* des racines comprend des éléments d'origine primaire et souvent aussi des formations d'ordre secondaire.

PREMIÈRE SECTION : ÉLÉMENTS PRIMAIRES.

A l'état primaire, le tégument radical se compose d'une écorce et le plus souvent d'une membrane périphérique du cylindre central.

Je vais étudier ces tissus suivant l'ordre que j'ai ci-dessus indiqué.

CHAPITRE Ier : ASSISE PILIFÈRE.

§ 1. *Valeur morphologique de l'assise pilifère; ses rapports avec la coiffe.*

La racine est généralement protégée à l'extérieur par une *coiffe*, une assise périphérique *pilifère*, dite *épidermique*, et quelquefois une *gaine radiculaire*.

Chez les Cryptogames vasculaires, la coiffe, l'épiderme et même le corps de la racine tirent leur origine d'un méristème formé aux dépens d'une *cellule terminale unique*. La forme de cette cellule est celle d'une pyramide triangulaire à base sphérique. En se divisant par des cloisons parallèles à ses faces latérales, elle donne naissance à l'épiderme et au corps de la racine, et en cela l'extrémité de ce membre est comparable à l'extrémité de la tige; mais dans la racine le cloisonnement parallèle à la base convexe de la cellule pyramidale a pour résultat la formation d'une coiffe; c'est là un caractère absolument distinctif.

Les Phanérogames présentent un développement différent.

Lorsqu'on examine une coupe longitudinale radiale d'un embryon mono- ou dicotylédoné, on voit que *l'épiderme de la tigelle s'étend sur toute la périphérie du système radiculaire.*

Au moment de la germination, la tigelle s'allonge et conserve son épiderme primitif en le continuant vers son sommet à mesure qu'elle s'accroît. L'épiderme de la tige, avant toute exfoliation, correspond donc bien à l'épiderme de la tigelle.

Il n'en est généralement pas ainsi de l'assise périphérique de la racine, qu'on appelle ordinairement l'*épiderme*. L'accroissement de la radicule a en effet pour premier résultat de rompre les relations de la coiffe et de la tigelle. Complètement détachée de cette dernière, la coiffe s'en éloigne alors continuellement et ne protège plus que le sommet de la racine.

L'assise de la racine, située immédiatement au-dessous de la coiffe, se trouve alors complètement découverte, sauf à son extrémité végétative. Cette assise, devenant pilifère, est généralement tenue pour un épiderme et désignée sous ce nom; mais on voit que ce serait se tromper gravement sur son origine et ses connexions anatomiques que de la considérer dans tous les cas comme un véritable épiderme représentant l'assise périphérique de la tige.

Il est donc important de déterminer de quels éléments primitifs dérivent, chez les Phanérogames, la coiffe et l'épiderme de la racine, et de rechercher si la loi de leur formation est absolument générale, ou variable suivant les espèces, les genres et les familles.

Cette question a suscité dans ces derniers temps des travaux d'un grand intérêt, parmi lesquels il faut citer ceux de MM. de Janczewski (1), Hegelmaier (2), L. Koch (3), Treub (4), Eriksson (5).

Ces auteurs s'étaient proposé pour but l'étude des différenciations du sommet végétatif de la racine chez les Phanérogames. Les premières recherches furent entreprises dans la pensée de vérifier cette hypothèse que tous les éléments de la racine procèdent d'un méristème terminal. Mais plus le nombre des plantes étudiées s'éleva, plus on s'aperçut de la diversité de leur accroissement. En 1876, les derniers auteurs que j'ai cités, MM. Treub et Eriksson, ajoutant aux résultats acquis par leurs devanciers ceux de leurs recherches personnelles, ne rattachaient pas à moins de sept types de structure bien distincts le sommet de la racine chez les Phanérogames.

---

(1) Recherches sur le développement des radicelles dans les Phanérogames, *ann. sc. nat.* 5ᵉ série t. XX.

(2) *Zur Entwicklung monocotyl. Keime*, etc.; l'auteur étudie le développement du sommet de la racine.

(3) Untersuchungen über die Entwicklung des Cuscuten, *Bot. Abhandl.* Bonn, 1874.

(4) *Le méristème primitif de la racine dans les Monocotylédones*, Leyde, 1876

(5) *Bot. Zeit.*, 1876, nº 41 (13 octobre), et Ueber das Urmeristem der Dicotylen Wurzeln. *Jahrbücher für Wissensch, Bot.*, Leipzig, 1878.

Encore faut-il ajouter que M. Eriksson avait constaté des variations jusque dans la même espèce, suivant l'âge de la lante. Il était donc nécessaire de reprendre les investigations de MM. Treub et Eriksson, et de les poursuivre non plus seulement dans la racine développée, mais surtout dans la radicule embryonnaire elle-même, sa structure étant plus simple que celle de la racine, parce qu'elle est soumise à des conditions de milieu plus uniformes. C'est ce que M. Ch. Flahault fit en 1878 dans ses « Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames (1) ».

L'examen des embryons de près de 350 espèces de Phanérogames, au moment de la maturité de la graine, lui a permis de reconnaître que l'accroissement terminal de la racine se rattache à deux types de structure qui caractérisent chacun les Monocotylédones et les Dicotylédones.

Dans l'un et l'autre de ces deux embranchements, « les initiales des tissus primaires peuvent être spécialisées au sommet de la racine ou ne l'être pas ».

Chez les Monocotylédones, l'épiderme est ordinairement constitué par les initiales de l'écorce; une fois formé, il ne donne jamais naissance à la coiffe; celle-ci se régénère par l'activité de sa couche interne. — Au contraire, chez les Dicotylédones, l'épiderme est presque toujours indépendant de l'écorce ; c'est aux dépens des assises de l'écorce ou de l'épiderme que la coiffe se régénère continuellement (1).

---

(1) *Ann. sc. nat*, 6e série, t. VI

En étudiant l'accroissement terminal de la racine, M. Flahault a eu plusieurs fois l'occasion de signaler à quelles assises cellulaires de la tige correspondent la coiffe et l'épiderme de la racine. J'emprunte aux documents inédits qu'il a bien voulu mettre à ma disposition les indications suivantes :

Les figures, 1-7 et 10, que je dois à son obligeance, montrent quelle diversité d'origine présentent l'épiderme et la coiffe de la racine suivant le groupe naturel auquel elle appartient, ou même suivant l'espèce. Sous ce rapport, l'étude des Nyctaginées et des Palmiers est particulièrement instructive.

Chez les Nyctaginées, le genre *Mirabilis* offre, quant à l'origine des tissus de la racine, des caractères communs à toutes les espèces dont il se compose, tandis que celles-ci se distinguent l'une de l'autre par des caractères de moindre importance. Lorsqu'on fait une coupe radiale d'un embryon de *Mirabilis longiflora* L. (fig. 7), on voit que l'épiderme de la tigelle constitue au-dessus de la coiffe une sorte de gaine radiculaire ; l'épiderme de la racine et l'assise la plus extérieure de la coiffe correspondent à la première assise sous-épidermique de la tigelle.

Il en est de même du *Mirabilis Wrightiana*.

L'embryon du *Mirabilis Jalapa* offre une structure semblable, mais avec quelques modifications secondaires (fig. 1 et 2). Sur une coupe tranversale de l'extrémité radiculaire, on voit les zones concentriques suivantes :

I.
- 1 Assise épidermique.
- 2 Couche à méats.
- 3 Coiffe.

II.
- 1 Assise pilifère de la racine.
- 2 Parenchyme cortical de la racine.
- 3 Cylindre central.

---

(1) Ch. Flahault, *ibidem*.

Une coupe transversale faite au point de passage de la radicule à la tigelle présente :

I.
- 1 Assise épidermique.
- 2 Couche à méats (petites cellules).

II.
- 1 Épiderme de la tige.
- 2 Tissu cortical.
- 3 Cylindre central.

A un niveau supérieur de la tigelle on ne trouve plus que :

II.
- 1 Épiderme.
- 2 Tissu cortical.
- 3 Cylindre central.

L'épiderme de la tige est l'assise externe de son tissu cortical. C'est lui qui se continue au-dessus de la couche à méats jusqu'à l'extrémité de l'axe, ainsi que l'attestent les coupes longitudinales-radiales. Quant aux connexions de la couche à méats, qui constitue au-dessus de la coiffe une couche protectrice, il est difficile de les bien préciser, ainsi que celles de la coiffe elle-même et de l'épiderme de la racine, parce que : 1° la limite anatomique entre la tigelle et la radicule n'est pas encore bien nette dans l'embryon, la différenciation des faisceaux ne s'y établissant que plus tard ; 2° le passage du système tégumentaire de la racine à celui de la tige ne s'y fait pas brusquement.

Dans le genre *Bougainvillea*, très voisin des *Mirabilis*, les rapports des tissus du sommet végétatif sont naturellement différents. Dans le *Bougainvillea spectabilis* (fig. 5) *l'épiderme de la racine et l'assise extérieure de la coiffe dérivent tous deux de l'épiderme de la tigelle*. L'assise extérieure de la coiffe, une fois formée, ne se dédouble pas ; elle recouvre ainsi toute la partie interne de la coiffe comme un épiderme.

Il importe de remarquer que l'épiderme radiculaire, bien qu'issu de l'épiderme de la tigelle, n'en procède que par voie de division ; il ne représente donc pas la *totalité* de l'assise épidermique de la tige.

Chez une autre Nyctaginée, l'*Oxybaphus viscosus* Lamk, l'épiderme radiculaire semble se continuer avec l'épiderme de la tigelle; mais, comme le montre la figure 6, il est difficile d'établir si c'est l'épiderme qui se dédouble en *e* pour former l'assise épidermique de la radicule et une assise externe contribuant à former la coiffe, ou si c'est l'assise sous-épidermique qui se dédouble en *a*.

Dans la famille des Palmiers, M. Flahault a étudié spécialement le *Phœnix dactylifera* (1). Il a dessiné la coupe longitudinale de l'embryon avant la germination et m'a communiqué la figure 10, qui représente la coupe axiale de l'extrémité de la racine après plusieurs semaines de germination. L'inspection de ces dessins montre que l'épiderme de la tigelle s'étend sur toute l'extrémité radiculaire, sur l'embryon tout entier, sans subir aucune division tangentielle. Dans la graine mûre, la coiffe et l'épiderme de la radicule ne sont pas encore différenciés. Ce n'est qu'après l'exfoliation de l'enveloppe épidermique commune et de quelques couches protectrices sous-jacentes, que la racine, ayant atteint environ 5 millimètres, présente un commencement de spécialisation de son sytème cortical : l'assise externe du parenchyme cortical se distingue alors comme épiderme, établissant ainsi une démarcation entre la coiffe et le tissu cortical sous-jacent. La coiffe comprend tout le tissu situé à l'extérieur de cet épiderme, et par conséquent la totalité de la gaine radiculaire. C'est donc à la tigelle qu'elle se rattache.

Chez d'autres Monocotylédones, par exemple chez le *Canna indica* (fig. 3 et 4), l'épiderme de la tigelle recouvre l'axe tout entier ; mais la gaine radiculaire forme un ensemble homogène avec la coiffe, qui n'en est qu'une dépendance. Cette coiffe est mise à nu dès le début de la germination, par l'exfoliation de la périphérie de la gaine radiculaire vers le sommet.

Dans les Commélynées (*C. tuberosa*), la radicule étant très courte, son épiderme perd ses caractères à peu de distance du sommet ; il correspond à l'une des assises corticales sous-épidermiques de la tigelle. Les plus externes de ces assises, se prolongeant au-dessus de l'épiderme de la radicule, lui constituent une gaine protectrice que la racine déchire vers son sommet lors de la germination.

---

(1) Voyez plus loin, chap. II, 2^{e} partie, 2^{e} sect., chap. I et chap. II, § 2.

C'est chez les Graminées que la gaine radiculaire acquiert d'ordinaire le plus grand développement. Au moment où la radicule s'allonge, elle est déchirée en deux portions : l'une (coléorhize) demeure à la base, et l'autre (coiffe) au sommet de la racine.

Ce rapide examen de la formation de la coiffe et de l'épiderme suffit à montrer que ces tissus protecteurs ont des connexions particulières et sont en rapport avec des assises diverses de la tige.

Il ressort aussi de cette étude que l'assise externe normale de la racine développée doit être soigneusement distinguée du véritable épiderme. Pour éviter toute confusion à l'avenir, je la désignerai sous le nom d'*assise pilifère*, qui a l'avantage de ne rien préjuger de sa valeur morphologique : il rappelle un caractère qui, s'il n'est absolument constant (1), ne laisse pas du moins d'être extrêmement important pour la vie de la plante.

La coiffe qui recouvre l'assise pilifère naissante se développe très différemment, suivant le genre de vie du végétal. Elle est généralement peu développée sur les racines terrestres. Mais lorsque les racines sont aquatiques, elle acquiert de grandes dimensions, tout en restant très mince ; tel est le cas des Pontédériacées : chez ces plantes, les bords de la coiffe entourent la racine sur une hauteur de plus de 1/2 centimètre ; au lieu d'être accolés contre l'assise pilifère, ils sont libres, la coiffe n'adhérant à la racine que par son sommet (fig. 8). Ses cellules ne constituent le plus souvent qu'une assise unique ; leur grand axe est dirigé dans le sens longitudinal ; leurs parois sont toujours minces.

---

(1) L'assise dite épidermique des racines est dépourvue de poils dans quelques espèces (voy. § 1 et suiv.).

Il en est à peu près de même chez les Typhacées ; il convient cependant de remarquer que chez ces plantes les bords de la coiffe, souvent longs de 1 centimètre, sont accolés contre le corps de la racine.

Tout différents sont les caractères de la coiffe, lorsque les racines sont aériennes ; dans ce cas, elle est aussi très développée; mais ce qui surtout la distingue, c'est le nombre élevé des assises dont elle se compose dans le sens radial transversal (fig. 9). Ses assises externes, étant les plus âgées, meurent les premières en se subérifiant : cette modification chimique progresse dans le sens centripète, de sorte que l'extrémité de la racine et la région inférieure de l'assise pilifère sont protégées à l'extérieur par plusieurs enveloppes d'un tissu qui jouit des propriétés physiques du liège.

La figure 11 représente une coiffe de ce genre sur une racine aérienne du *Pandanus heterophyllus*. Bien que cette coiffe s'exfolie continuellement, son épaisseur ne diminue pas, parce qu'elle se régénère par l'activité de sa couche interne.

La coiffe contient souvent des matières nutritives et des produits de désassimilation : amidon, huile, oxalate de chaux, etc. La figure 9 représente une jeune assise pilifère de *Philodendron* recouverte par une coiffe dont les cellules épaissies renferment de nombreux grains d'amidon. J'y ai rencontré aussi des raphides et des mâcles d'oxalate de chaux.

§ 2. — Multiplication de l'assise pilifère : voile.

L'assise pilifère des racines reste généralement simple chez les Dicotylédones, que l'écorce primaire soit persistante ou caduque. Il en est de même chez les Cryptogames vasculaires et presque toutes les Monocotylédones ; c'est seulement dans les familles des Orchidées, des Aroïdées, des Amaryllidées et peut-être chez quelques espèces des familles voisines que l'on observe la division tangentielle de l'assise dite épidermique.

Parmi les Amaryllidées, M. J. Sachs (1) cite les *Crinum* comme ayant leurs racines entourées d'un voile de plusieurs assises cellulaires issues de la couche pilifère. J'ai constaté la présence d'un voile analogue chez les *Imantophyllum* (*Clivia*), et j'en ai suivi la formation chez l'*Imantophyllum miniatum*, où il présente un grand développement. Cette plante a des racines exclusivement souterraines, et un plus grand nombre de racines adventives qui naissent sur la tige à une certaine distance du sol, et bientôt s'y enfoncent.

---

(1) *Traité de bot.*, trad. franç., liv. I, chap. II, § 15, p. 110.

Une coupe transversale d'une racine adventive dans sa portion aérienne montre au-dessous de l'assise pilifère fortement cutinisée un anneau continu de tissu parenchymateux subérifié (fig. 15), composé de sept à huit assises de cellules sur les coupes de 5 millimètres de diamètre. Ces cellules mortes et remplies d'air jaunissent comme la cutine et le suber quand on les traite par le chloroiodure de zinc, même après les avoir fait bouillir dans l'acide nitrique. Mais, bien que ne laissant entre elles aucun méat, elles ne présentent que d'une façon irrégulière les caractères anatomiques du vrai liège. Elles sont en effet, pour la plupart, à base hexagonale, séparées d'une assise à l'autre par des cloisons tangentielles ; mais elles ne constituent pas des files radiales ou des séries circulaires complètes. Leurs membranes offrent en outre cette particularité importante qu'elles sont pourvues de nombreux épaississements spiralés (1).

A mesure que l'on se rapproche du sommet, on voit l'épaisseur du voile diminuer et le nombre de ses assises cellulaires se réduire progressivement. Au niveau de la base circulaire de la coiffe, il n'y en a plus que quatre. Il est toujours facile de les distinguer du parenchyme cortical sous-jacent, la première assise de ce tissu étant constituée par des cellules beaucoup plus grandes, très régulières, allongées dans le sens radial et conservant leur simplicité dans toute l'étendue de la racine.

En pratiquant des coupes transversales à différents niveaux à partir du sommet, on voit le nombre des assises du voile augmenter à partir de l'unité, par l'effet du cloisonnement tangentiel de ses cellules. Au-dessus de la coiffe, l'assise extérieure porte des poils et les autres assises continuent à se diviser. C'est donc bien de l'assise pilifère primitive que procède le voile des *Imantophyllum*.

---

(1) Hugo von Mohl a signalé un cas de cellules subéreuses spiralées chez le *Boswellia papyrifera*, *Bot. Zeit.*, 1861, p. 229.

A partir de $0^{cm},7$ de l'extrémité, les cellules du voile commencent à porter des épaississements spiralés ; mais il y a entre la région aérienne et la région souterraine de la racine cette différence importante que, dans cette dernière, les cellules, au lieu d'être jaune foncé, sont beaucoup plus claires, ont de plus minces parois ; elles deviennent même tout à fait blanches vers 5 ou 6 centimètres du sommet. Enfin, tandis que dans la portion aérienne de la racine le voile manifeste les réactions de la cutine, il ne les présente pas nettement dans sa portion souterraine.

On sait depuis longtemps que les racines aériennes des Orchidées épiphytes doivent leur coloration blanche à un voile de cellules mortes spiralées, perforées et remplies d'air. M. Prillieux (1) et M. de Bary (2) considèrent les assises qu'elles composent comme autant de « couches épidermiques », c'est-à-dire de couches dérivées de l'assise externe ; au contraire, MM. Ad. Chatin, Schacht, Oudemans, Meyen et Schleiden les attribuent à l'assise de cellules épaissies qui en forme la limite interne. J'ai suivi sur le *Vanda suavis* et l'*Epidendron crassifolium* (fig. 12) le développement du voile et j'ai constaté qu'au-dessous de la coiffe il n'est représenté que par une assise unique dont les cellules alternent très régulièrement avec celles de l'assise sous-jacente. A une distance un peu plus grande du sommet, cette dernière assise s'épaissit, tandis que la couche qui la revêt se divise tangentiellement et donne ainsi naissance au voile. Ce phénomène est absolument semblable à celui que j'ai décrit chez les *Imantophyllum*.

Le nombre des assises du voile est très variable selon les espèces ; d'après M. Prillieux (3), il s'élève à dix ou quinze chez

(1) *Bull. Soc. Bot.*, t. XVIII, p. 261.

(2) *Anatomie comparée des organes de végétation.*

(3) *Bull. Soc. Bot.*, t. XXVI. 2^{e} série, t. I, fasc. 2, de 1879.

les Vandées; j'ai reconnu que chez les Epidendrées il ne dépasse généralement pas six.

M. Prillieux (1) compare les cellules du voile aux cellules subéreuses de la tige ; je ne puis accepter sans restriction cette assimilation au point de vue anatomique : il convient en effet de remarquer que le cloisonnement tangentiel n'est pas le seul qui concourt à la formation des éléments du voile : il y a sous ce rapport une irrégularité que le liège proprement dit ne présente point. Quant à la nature chimique des membranes du voile, il est souvent difficile de la déterminer exactement, parce que, traitées par le chloroiodure de zinc, elles ne prennent la coloration jaune que dans les parties âgées.

Chez plusieurs Aroidées épiphytes, notamment certains *Anthurium* (*A. crassinervium*, *Hookeri* et *nitidum*) les racines aériennes sont recouvertes d'un voile de cellules spiralées qui tire son origine de l'assise externe et se trouve limité en dedans par la première couche à grandes cellules du parenchyme cortical. M. Schleiden (2) a cru voir des stomates dans cette couche. Mais M. Oudemans, puis en 1867 M. Ph. Van Tieghem (3) ont montré que cette apparence de stomates et d'orifices à travers le voile est due au développement inégal de ses cellules, dont plusieurs présentent sur une coupe tangentielle une forme ovale et sont remplies de la matière brunâtre sécrétée par la première assise parenchymateuse, lorsqu'elle se subérifie.

Chez l'*Anthurium Hookeri*, le voile se compose de quatre assises cellulaires; chez l'*A. Miquelanum*, on retrouve une couche de même valeur anatomique, mais dont les éléments à parois brunes et légèrement épaissies ne sont point spiralés.

§ 3. — Caractères anatomiques de l'assise pilifère.

Les cellules de l'assise pilifère des racines sont en contact intime les unes avec les autres, ne laissant entre elles aucun méat. En cela, elles sont semblables aux cellules de l'épiderme des tiges et des rhizomes. Mais tandis que le tissu tégumentaire de ces axes présente des stomates, je n'en ai jamais observé dans l'assise pilifère des racines.

---

(1) *Ibidem*, 1879.

(2) *Grundzüge*, t. I, p. 271, 2^e édition.

(3) *Recherches sur la structure des Aroidées*, 1867, p. 95.

La présence de stomates sur la racine n'a jamais été reconnue ; mais on en a plusieurs fois décrit sur les tiges souterraines. J'ai poursuivi la comparaison sur les plantes aquatiques et j'ai examiné à ce point de vue le rhizome du *Typha latifolia,* que j'ai cultivé dans l'eau dans les mêmes conditions physiques que les racines. J'y ai constaté des stomates bien développés; mais sur les racines je n'en ai jamais aperçu.

Je crois donc que ces petits organes sont propres à l'épiderme des feuilles et des tiges, et que ce caractère s'ajoute à la distinction que j'ai établie entre cet épiderme et l'assise pilifère des racines.

Cette assise est pourvue d'une cuticule absolument comparable à celle de l'épiderme de la tige; elle présente les mêmes réactions chimiques.

Chez les Monocotylédones, la cutinisation de l'assise pilifère, quand elle a lieu, s'opère à une petite distance du sommet, mais généralement elle ne s'effectue pas avant 1 centimètre de l'extrémité (1). On conçoit d'ailleurs qu'il en soit ainsi : l'accroissement longitudinal de la racine s'opérant exclusivement vers le sommet, c'est seulement au delà de cette région très restreinte que la cutinisation devient possible.

La plupart des auteurs qui se sont occupés du système tégumentaire de la racine (MM. de Janczewski, Treub, Eriksson, Flahault, etc.), ne l'ont étudiée que vers l'extrémité du membre. Aussi leurs recherches ont-elles semblé confirmer l'opinion accréditée que la cuticule est toujours très mince dans la racine. Mais, en examinant les parties un peu âgées, il est facile de se convaincre qu'il en est quelquefois autrement, par exemple chez certaines Aroïdées, les *Tornelia*, *Raphidophora*, *Mons-*

---

(1) Je traiterai plus loin de la nature chimique de la cutine (voy. 2ᵉ sect., chap. I, § 1.

tera (fig. 44) et *Philodendron*, dont les racines adventives grêles acquièrent une grande longueur.

On peut les étudier sur les racines grêles à une distance très éloignée du sommet, et là leur cuticule est toujours assez épaisse et fortement colorée en brun.

Les caractères de la paroi externe des cellules pilifères présentent des différences notables chez des espèces voisines, *suivant les conditions physiques du milieu.* Ainsi, tandis que beaucoup de Liliacées, d'Iridées et de Cannées offrent en général une assise pilifère pourvue d'une cuticule, les cellules périphériques ont au contraire de très minces parois chez les Pontédériacées, famille pourtant voisine des précédentes, mais dont les espèces sont accommodées à la vie aquatique. J'ai pu étudier en détail le *Pontederia crassipes.* Les racines de cette plante sont de deux sortes. Les plus grosses (fig. 8 et 23), pourvues d'une membrane rhizogène, émettent des radicelles d'une structure beaucoup plus simples que la leur. Celles-ci sont dépourvues d'assise rhizogène et ressemblent à de longs et grêles filaments renflés vers leur extrémité. Dans toute l'étendue de ces deux sortes de racines l'assise externe demeure mince, hyaline, remplie de protoplasma.

Il en est ainsi chez la grande majorité des plantes dont les racines vivent dans l'eau : M. H. Milne Edwards (1) insiste souvent sur cette idée que la vie terrestre exige une division plus avancée du travail physiologique que la vie aquatique, le milieu physique étant plus constant dans le second cas que dans le premier. Il me semble que la même loi est applicable aux végétaux : dans l'exemple des *Pontederia*, on doit remarquer que l'extension de la surface absorbante des cellules périphériques de la racine n'est possible que si le milieu où elles sont plongées ne nécessite pas qu'elles se protègent énergiquement contre les atteintes du dehors (frottements, variations de température et d'état hygrométrique, etc.). La fonction absorbante n'est obtenue qu'au détriment de la fonction protectrice. Or, comme celle-ci est de moindre importance pour les organes plongés dans l'eau, c'est elle qui est sacrifiée chez les *Pontederia*.

---

(1) Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'Homme et des Animaux.

Quant aux racines aériennes et à celles qui s'enfoncent dans le sol, les deux fonctions demandent à être également bien remplies, et alors elles se localisent : l'absorption est confinée dans une région de peu d'étendue au-dessus de la coiffe, tandis que, dans les parties plus âgées, l'épaississement, la cutinisation des membranes cellulaires, puis la mort de l'assise externe assurent la protection du membre. Mais, dans tous les cas, il est rare que l'assise pilifère persiste longtemps ; elle est le plus souvent remplacée, au point de vue de la fonction physiologique qu'elle remplit, par l'assise sous-jacente (1).

§ 4. Poils externes.

L'accroissement transversal des racines étant intercalaire, il en résulte que la forme des cellules pilifères change notablement à mesure que le diamètre du membre augmente. Vers l'extrémité, les dimensions longitudinales de la cellule pilifère l'emportent sur les dimensions transversales. Cette différence apparaît surtout très sensible sur les coupes qui présentent à la fois la section transversale d'une racine et la section longitudinale d'une radicelle naissante.

Chez les Monocotylédones, il arrive souvent que les parois radiales des cellules pilifères s'épaississent un peu comme les parois périphériques, tandis que les parois tangentielles-internes demeurent minces. Ou bien, ce qui est aussi très fréquent, ainsi que je le montrerai plus loin, l'assise pilifère n'est que de très courte durée ; chez les Dicotylédones cette assise tombe ordinairement de bonne heure ; mais quand l'écorce primaire est persistante (ex. : Œillet d'Inde, beaucoup de Composées, plusieurs Légumineuses), les cellules pilifères peuvent rester longtemps vivantes en se multipliant par une série de divisions radiales.

---

(1) Chap. II, § 1.

Généralement, les cellules de l'assise pilifère portent des poils à une très petite distance du sommet (1), souvent même immédiatement au-dessus de la coiffe (ex. : *Philodendron*). Bientôt ces cellules se trouvent éloignées de la région où s'opère l'accroissement longitudinal ; alors elles épaississent notablement leurs parois et meurent. Enfin il arrive d'ordinaire qu'elles sont exfoliées, comme je l'exposerai plus loin en détail, soit par la production d'une couche subéreuse, soit par l'effet des formations secondaires du cylindre central.

Il en résulte que les racines âgées offrent souvent, quant à la distribution des poils, trois régions bien distinctes :

1° *La région inférieure* présente des poils à parois minces, remplis de protoplasma comme les cellules qu'ils prolongent. Ils sont destinés surtout à augmenter l'étendue de la surface absorbante, car les expériences d'Ohlert (2) et de Gasparrini (3) ont montré que l'absorption s'effectue entre la base du cône formé par la coiffe et les parties âgées dont les cellules pilifères sont mortes ou ont été exfoliées.

2° La *région moyenne* comprend toute la partie de la racine qui porte une assise pilifère morte. Les poils y sont dépourvus de protoplasma ; leurs membranes sont épaisses et le plus souvent colorées en brun. Ces poils ne semblent plus servir qu'à la protection.

3° La *région supérieure* est celle où l'assise pilifère a été exfoliée. Cette région est d'abord plus restreinte ; mais elle ne tarde pas à acquérir plusieurs fois la longueur des deux autres, car elle augmente constamment, à mesure que la racine grandit.

Il faut cependant remarquer que chez certaines plantes, Mono- et Dicotylédones, cette région glabre peut ne pas exister, l'assise pilifère étant persistante : je puis citer le *Faba vul-*

---

(1) M. Van Tieghem a reconnu la formation de poils sous la coiffe même, chez l'*Azolla caroliniana ;* M. Flahault a constaté que chez quelques plantes, le *Triglochin palustre*, par exemple, les poils se développent sous les bords même de la coiffe et la repoussent.

(2) E. Ohlert, *Einige Bemerkungen über die Wurzelfasern*, Linnæa, 1837.

(3) Gasparrini, *Richerche sulla natura dei succiatori*. Naples, 1856.

garis comme portant sur toute la longueur de ses racines des poils bien vivants. Les poils subsistent aussi sur un grand nombre de racines aériennes de Monocotylédones, mais seulement lorsque ces racines restent grêles (ex. : *Monstera, Scindapsus, Philodendron*, etc.) (1).

Les végétaux dépourvus de poils radicaux sont en petit nombre. On ne cite ordinairement comme tels que le Safran (*Crocus sativus*), l'*Orobanche Hederæ*, l'*Epidendron elongatum* (Gasparrini), l'*Abies pectinata*, le *Cicuta virosa*, le *Monotropa* (Schacht) ; M. Duchatre (2) a émis l'opinion que très probablement d'autres plantes se trouvent dans le même cas. C'est en effet ce que j'ai reconnu chez l'*Epidendron crassifolium* et en général chez les Épidendrées et les Vandées : leurs racines adventives, revêtues d'un voile blanc, sont glabres.

A ce sujet je dois rappeler une expérience de M. Prillieux (3), qui consiste à faire plonger dans l'eau une racine aérienne de *Vanda*, d'*Oncidium* ou d'*Aerides;* « la partie qui se forme dans le liquide se couvre d'un revêtement velouté de poils qui, tout en s'allongeant librement et sans obstacle dans le liquide, peuvent présenter à leur extrémité des ramifications digitées».

Les poils radicaux sont généralement simples ; mais chez quelques espèces (ex.: *Saxifraga sarmentosa*) qui réclament une grande activité d'absorption, ils sont rameux. Gasparrini, qui les a soigneusement étudiés, déclare qu'ils sont toujours unicellulaires (4). M. Duchartre (5) et M. de Bary (6) reproduisent la même assertion dans leurs derniers traités de botanique. Mais depuis la publication de ces ouvrages, M. Jörgensen (7) a reconnu que les racines adventives des

---

(1) L'assise pilifère est exfoliée, lorsque le diamètre de ces racines s'accroît notablement.

(2) *Éléments de botanique*, 2e édit. Paris, 1877.

(3) *Bull. Soc. Bot.*, 1879, 2.

(4) *Richerche sulla natura dei succiatori*. Naples, 1856, p. 42.

(5) *Éléments de Botanique*, 2e édit., Paris, 1877. p. 320.

(6) *Vergleichende Anatomie*, 1877, p. 62,

(7) Om Bromeliaceernes Rodder, *Særtryk af Botanisk tidsnkrift*, 3 række, 2 bind, 1878, Copenhague.

Broméliacées, qui cheminent longtemps à l'intérieur de la tige avant de paraître au dehors, portent des poils pluricellulaires dont les cloisons sont transversales ou obliques.

J'ai constaté de mon côté que les mêmes racines des Broméliacées sont aussi pourvues d'un grand nombre de poils unicellulaires. Ces poils sont très bien développés chez une espèce que j'ai particulièrement étudiée : l'*Æchmea Luddmanni*.

En dehors des recherches de Gasparrini et de M. Prillieux, que je viens de rappeler, peu d'expériences ont été faites sur les conditions physiques dans lesquelles les poils se développent. L'an dernier cependant un observateur anglais, M. Maxwell T. Masters, a publié sur ce sujet (1) une note intéressante, dont la conclusion est que : « Le développement des poils est favorisé par la légèreté et la porosité du sol, le contact d'un corps poreux, de morceaux de verre, d'une surface humide, etc. »

En reproduisant cette conclusion de M. Maxwell T. Masters, je dois faire remarquer qu'elle n'est point absolument rigoureuse, ce botaniste ayant fait varier *à la fois* plusieurs facteurs dans ses expériences (quantité d'humidité, nature chimique du terrain, etc.).

CHAPITRE II. — TISSU PARENCHYMATEUX.

En dehors de la *membrane pilifère*, à laquelle j'ai consacré un chapitre spécial, la seconde et la dernière assise du système cortical primaire présentent un intérêt particulier. Ces deux assises constituant inclusivement les limites du parenchyme primaire, j'appellerai d'abord l'attention sur l'assise externe, sous-jacente à la membrane pilifère ; je décrirai ensuite les zones parenchymateuses et l'assise qui les termine intérieurement.

§ 1. — Assise épidermoïdale.

La seconde assise corticale est souvent appelée à jouer le rôle d'épiderme après la chute de l'assise pilifère : c'est pour rappeler cette fonction que je la désignerai sous le nom *d'assise épidermoïdale* proposé par M. R. Gérard (1). Cet observateur a en effet remarqué que souvent, chez les Dicotylédones, l'assise que j'ai appelée pilifère s'exfolie de très bonne heure, laissant à nu la seconde assise corticale, dont les éléments affectent alors la disposition de véritables cellules épidermiques. De mon côté, j'ai constaté ce phénomène chez les Monocotylédones et bon nombre de Dicotylédones et de Cryptogames vasculaires. Ainsi j'ai vu que chez le *Fraxinus excelsior* (fig. 60), l'assise pilifère se compose de très petites cellules dont la durée est extrêmement courte ; au-dessous d'elle est située la membrane épidermoïdale ; les éléments qui la constituent sont relativement très grands et surtout allongés suivant le rayon. Primitivement, leurs parois sont minces ; mais, après la chute de l'assise pilifère, leur face externe s'épaissit comme fait une véritable cuticule.

---

(1) Notes on Root-hairs and Rootgrowth, in *Journal of the Royal Horticultural Society*, vol. V, part. 8, 22 avril 1879.

Cette cuticularisation (2) de la membrane épidermoïdale est très prononcée chez le *Ligustrum ovalifolium*. Chez le *Ranunculus procerus*, les parois radiales de cette membrane s'épaississent elles-mêmes dans les parties âgées d'où les cellules pilifères ont disparu.

Chez l'*Anemone Pulsatilla*, les éléments épidermoïdaux s'exfolient eux-mêmes, sinon en totalité, du moins en partie, après avoir acquis des parois épaisses et fortement cutinisées.

Chez le *Menyanthes trifoliata*, l'assise pilifère tombe de bonne heure ; néanmoins les cellules sous-jacentes ne s'épaississent à l'intérieur que dans les régions les plus vieilles de la racine.

---

(1) *Comptes rendus*, 31 mai 1880, t. XC, n° 22, p. 1295. — M. A. Chatin a aussi appelé de ce nom l'assise de grandes cellules que recouvre immédiatement le voile dans les racines aériennes des Orchidées épiphytes. Or, comme je crois l'avoir établi plus haut, cette assise correspond à l'assise sous-jacente à la membrane pilifère. Il me paraît donc naturel d'adopter, pour désigner cette assise, le nom que M. A. Chatin a le premier introduit dans la science.

(2) J'appelle *cuticularisation* la formation d'une cuticule, et *cutinisation* la transformation chimique d'une membrane cellulaire en *cutine* (voy. 2e sect., chap. I, § 1.

C'est généralement chez les Monocotylédones que la membrane épidermoïdale revêt au plus haut degré le caractère d'un épiderme avec face externe épaissie. Elle est déjà très accentuée à une petite distance de la coiffe et alors que l'assise pilifère est bien vivante, dans les racines aériennes du *Scindapsus pertusus* (fig. 13), des *Philodendron Rudgeanum Houlletianum* et *micans*, et de l'*Alocasia odora*. Chez la Vanille (*Vanilla planifolia*) l'assise pilifère ne se cutinise pas; ses cellules sont petites; leurs parois toujours minces, leurs poils très allongés; l'assise épidermoïdale qu'elle recouvre épaissit considérablement ses parois tangentielles externes, ses parois transversales et ses parois radiales, ce qui, sur une coupe transversale, donne à chaque cellule l'aspect d'un fer à cheval dont la convexité serait tournée vers la périphérie. Les parois tangentielles internes demeurent minces, tant que l'assise pilifère n'est pas exfoliée (fig. 18). Mais dès que cette assise a disparu, les cellules épidermoïdales continuent à s'épaissir dans tous les sens; leur cavité intérieure se rétrécit de plus en plus et leurs parois, surtout la paroi tangentielle externe, sont à la fois très épaisses et nettement subérifiées (fig. 20).

L'épaississement et la cutinisation de l'assise épidermoïdale sont aussi très sensibles chez l'*Asphodelus europæus* (fig. 42, 46, 49), l'*Iris squalens* (fig. 40), l'*Agave glauca* (fig. 17), l'*Oporanthus luteus* et beaucoup d'autres végétaux du même embranchement.

On verra plus loin que souvent le rôle de la membrane épidermoïdale est lui-même transitoire. Mais il est des cas où cette membrane persiste constamment : ainsi dans les racines aériennes des Épidendrées et des Vandées que recouvre un voile dérivé de l'assise externe, ce voile revêt toujours une membrane épidermoïdale (fig. 12) composée, comme je l'ai déjà dit, de grandes cellules dont les parois radiales sont plissées dans le sens longitudinal et par suite intimement engrenées. M. Prillieux (1) a cependant été conduit à admettre que l'assise épidermoïdale et le parenchyme sous-jacent présentent des interruptions en regard des points très espacés qui demeurent blancs à la surface de la racine lorsque ce membre est plongé dans l'eau (2).

§ 2. — Zones parenchymateuses.

La forme des cellules du parenchyme cortical primaire varie selon qu'on les considère près ou loin de l'extrémité du membre, dans la zone externe ou dans la zone interne.

Près de l'extrémité, elles sont plus grandes dans le sens longitudinal que dans les autres sens, et elles se divisent fréquemment. Mais, à partir de 1 centimètre environ de l'extrémité, l'allongement intercalaire ne se produisant plus, c'est dans le sens transversal qu'elles se développent ; elles deviennent ainsi isodiamétriques.

Dans tout le cours de son travail sur la racine, M. Van Tieghem (3) a eu maintes fois l'occasion de montrer que le plus souvent deux zones bien distinctes se reconnaissent dans le parenchyme cortical : la zone externe, dont le développement est centrifuge, se compose de cellules irrégulières, alternes d'une assise à l'autre, ne laissant entre elles aucun méat (fig. 13) ; au contraire, les cellules de la zone interne, très régulières, ordinairement cubiques, à angles arrondis, sont rangées en files rayonnantes et en séries concentriques d'une parfaite régularité. Elles laissent entre elles de petits méats quadrangulaires d'autant plus accusés qu'on les considère à une plus grande distance du sommet. Le développement de ces cellules est centripète.

Ainsi sur une coupe transversale on voit la grandeur des cellules décroître de chaque côté depuis le milieu jusqu'aux deux limites, externe et interne, de l'écorce primaire.

---

(1) *Soc. Bot.*, . XXVII, 11 juillet 1879.

(2) L'assise épidermoïdale recouverte d'un voile peut, ainsi que ce voile, être exfoliée lorsqu'un liège se forme au dessous, 2^{e} partie, 2^{e} sect., chap. I, § 1.

(3) *Ann. sc. nat.*, 5^{e} série, t. XIII, 1870.

Cette disposition, manifeste chez un grand nombre de plantes (*Philodendron Houlletianum*; *Strelitzia augusta; Leontodon Taraxacum* (fig. 73); *Gaillardia aristata*; *Ligustrum ovalifolium*, etc.), souffre néanmoins beaucoup d'exceptions. C'est ainsi que dans la zone interne la plupart des méats intercellulaires sont triangulaires chez les *Lilium*, les Asphodèles, les *Imantophyllum*, la Vanille, le *Faba vulgaris* (fig. 70, 71), le *Viburnum Opulus*, etc., parce que, les cellules étant moins régulièrement disposées, la paroi cellulaire n'est commune qu'à trois cellules à chaque angle. Il arrive aussi que les cellules, constituant des files radiales régulières, alternent dans le sens de la circonférence : il en est ainsi lorsque leur base transversale est hexagonale, comme chez l'*Anthurium nitidum* (fig. 21); alors les méats sont triangulaires.

Je me suis souvent demandé à quelle cause attribuer la formation des méats spécialement dans la zone interne du parenchyme cortical. Il semble au premier abord que la tendance des parois cellulaires à se dédoubler doive être plus prononcée vers la périphérie, l'accroissement transversal intercalaire de la racine écartant d'autant plus les membranes que celles-ci sont plus éloignées du grand axe du membre. Cependant en suivant la formation des deux zones depuis le sommet de la racine, j'ai reconnu qu'en général la zone interne se développe plus tôt que la zone externe, et que chez les espèces où la zone interne présente des méats et la disposition régulière ci-dessus décrite, le nombre des assises de cette zone que possédera la racine âgée est acquis de très bonne heure, tandis que le nombre des assises de la zone externe continue longtemps encore à s'élever. Ainsi, tandis que les cellules de la zone externe se multiplient encore, la zone interne ne se développe que par l'accroissement de chacun de ses éléments. De là un étirement des membranes cellulaires qui entraîne la formation des méats.

A l'appui de l'opinion que j'émets ici, je dois faire remarquer que chez les espèces, comme la Fève, où l'extension du cylindre central entraîne la division de toutes les cellules du parenchyme cortical primaire, il n'y a guère plus de méats dans la zone interne que dans la zone externe. Les cellules parenchymateuses présentent alors une série de phénomènes très remarquables; elles s'accroissent d'abord dans tous les sens, mais particulièrement dans le sens tangentiel; puis, lorsqu'elles ont acquis leurs dimensions maxima, elles se divisent chacune au moyen d'une cloison radiale en deux cellules à peu près égales. Ces dernières sont susceptibles de segmentation tangentielle, mais en général c'est la multiplication par cloisonnement radial qui est de beaucoup la plus fréquente (Ex. : *Faba vulgaris*, (fig. 70 et 71) *Gaillardia aristata*, (fig. 80).

Chez plusieurs Aristolochiées, l'*Asarum europæum* par exemple, j'ai reconnu que, par suite du développement tardif et faible du système vasculaire secondaire, la zone externe de l'écorce conserve constamment son organisation primaire; les parois de ses cellules s'épaississent un peu et dès lors, comme elles ne peuvent plus se diviser, lorsque le cylindre central s'étend, leurs parois se divisent aux angles des cellules; il en résulte des méats, d'autant plus prononcés que la racine est plus âgée.

Lorsque l'écorce primaire de la racine se développe peu, l'arrêt du développement porte surtout sur la zone externe. Tel est le cas des *Pontederia*. Chez ces plantes et en général chez toutes les espèces dont les racines sont aquatiques (ex. : Typhées, *Calla palustris*, etc.) ou vivent dans les endroits humides ou l'eau (ex. : Renoncules, *Villarsia nymphoides*, *Menyanthes trifoliata*, et bien d'autres, la zone interne du parenchyme cortical présente avec la plus parfaite régularité les caractères normaux, tandis que d'énormes lacunes se remarquent dans la région moyenne. Chez le *Pontederia crassipes* (fig. 23), la zone interne est formée de cellules assez grandes, dont la coupe transversale est quadrangulaire; les angles de ces cellules sont arrondis. Elles sont disposées en files rayonnantes et en séries circulaires concentriques d'une régularité toute mathématique, laissant entre elles des méats quadrangulaires accentués. Au contraire, la zone moyenne est très lacunaire ; elle ne se compose que de cellules étroites et allongées, qui relient l'assise externe du parenchyme cortical interne à l'assise interne de l'écorce externe. Les lacunes qui séparent ces longues cellules sont considérables. La couche périphérique continue est formée d'une assise pilifère à petites cellules, d'une assise sous-jacente, à peu près semblable à la première, puis d'une ou deux assises de grandes cellules un peu allongées dans le sens du rayon, auxquelles viennent aboutir les cellules étroites et allongées de la partie moyenne de l'écorce.

De même chez les *Typha*. La zone interne de l'écorce y présente la même régularité et le même aspect que chez les *Pontederia*. Quand on fait sur le *Typha latifolia* une coupe transversale un peu au-dessus de la coiffe, c'est à peine si l'on y voit quelques méats dans la région moyenne de l'écorce. A un niveau plus élevé, ces méats atteignent des dimensions telles que la partie médiane de l'écorce est réduite à de longues bandes rayonnantes reliant la zone interne aux couches périphériques.

Des phénomènes du même ordre s'observent chez les Dicotylédones : ainsi les racines du *Nuphar luteum*, du *Villarsia nymphoides*, du *Menyanthes trifoliata* sont pourvues d'un parenchyme cortical où les lacunes sont à la fois grandes et nombreuses. Seulement, ces lacunes peuvent être de formes très différentes : chez le *Villarsia nymphoides* (fig. 63) et le *Menyanthes trifoliata*, elles sont rayonnantes comme celles des Pontédériacées et des Typhacées. Elles n'existent pas dans le jeune âge, comme le montrent les radicelles de *Villarsia* et les racines de *Menyanthes* à une faible distance du sommet. Le parenchyme cortical se développe surtout par voie de division tangentielle de ses cellules ; celles-ci, à mesure qu'elles se multiplient, laissent entre elles des méats qui s'étendent suivant le rayon en même temps que le parenchyme s'accroît.

Chez les Nymphéacées, les lacunes affectent un tout autre caractère : on en juge par l'inspection des coupes du *Nuphar luteum* aux différents stades de son évolution. Dans une racine grêle dans laquelle les faisceaux primaires ne sont pas encore complètement développés, l'écorce présente déjà de nombreuses lacunes dont la coupe transversale est à peu près circulaire. Les coupes longitudinales faites suivant le rayon et suivant la tangente montrent que ces lacunes sont des cylindres terminés par des pyramides tronquées, et de plus qu'elles communiquent entre elles, du moins pour la plupart; car les cellules qui les bordent ont généralement la forme de pyramides tronquées à base triangulaire et à faces convexes. Lorsque ces cellules grandissent, le diamètre du cylindre central augmentant, bon nombre de celles qui bordaient les lacunes se résorbent, ce qui accroît constamment la dimension des méats. Il y en a peu dans la zone tout-à-fait interne, au voisinage du cylindre central, beaucoup au contraire dans la zone moyenne et dans la zone externe de l'écorce.

Dans le genre *Ranunculus*, le parenchyme cortical présente, suivant les espèces,des variations qui semblent correspondre à des différences de milieu physique. Il est toujours très développé ; mais tandis que chez les espèces dont les racines vivent dans des conditions moyennes d'humidité il offre les caractères ordinaires du parenchyme des racines terrestres, il présente au contraire de grandes lacunes chez celles qui croissent dans les prairies, les fossés et les lieux humides.

Parmi les premières, je puis citer le *Ranunculus procerus* et la Renoncule des jardins (R. *asiaticus*), cultivés en pleine terre. Chez ces deux espèces, le parenchyme cortical est considérable par rapport au cylindre central. Il se compose de grandes cellules dont les dimensions diminuent depuis le milieu jusqu'aux bords : néanmoins les cellules de la zone interne, bien que laissant entre elles de petits méats, ne sont point disposées régulièrement en séries radiales et en cercles concentriques. Je n'ai point observé la moindre déchirure dans ce parenchyme. L'assise pilifère qui le recouvre a ses parois brunes. Elle porte de longs poils unicellulaires; souvent elle s'exfolie.

Sur le *Ranunculus repens*, qui vit dans les fossés et les prés humides, j'ai rencontré la même organisation fondamentale, mais avec de petites déchirures dans le parenchyme cortical des parties âgées.

Cette tendance à la formation des lacunes s'accentue encore davantage chez le *Ranunculus hirsutus*. Chez cette espèce et surtout le *R. Lingua* et le *R. sceleratus* (fig. 77), la partie moyenne de l'écorce offre de grandes lacunes, étroites dans le sens tangentiel, mais très allongées dans le sens radial. Elles ne sont séparées que par des bandes parenchymateuses qui n'ont d'ordinaire en épaisseur transversale qu'une seule assise de cellules.

Le parenchyme présente, quant à l'épaississement de ses cellules, d'assez grandes variations suivant les genres et les familles auxquels les racines appartiennent. C'est ainsi que chez les Broméliacées, par exemple chez l'*Æchmea Luddmanni*, les éléments cellulaires de la zone moyenne, lesquels sont très petits, subissent un épaississement considérable de leurs parois : sur une coupe transversale, ils offrent l'aspect ordinaire des fibres : ils sont colorés en jaune ou en rouge, et constituent un anneau protecteur d'une grande rigidité (1).

De même chez beaucoup de Cryptogames vasculaires, les cellules de la zone interne du parenchyme cortical subissent par les progrès de l'âge un épaississement considérable qui s'étend en direction centrifuge à partir de la dernière ou de l'avant-dernière assise de l'écorce (ex. : fig. 39,31) de *Marsilea quadrifolia*, *Pteris arguta*, *Lastræa Filix-Mas*, *Aspidium violuscens*).

---

(1) M. Jörgensen a montré que ce phénomène est extrêmement prononcé dans les racines des Broméliacées, qui cheminent longtemps dans l'écorce de la tige. *Bidrag til Rodens naturhistorie af Alfred Jörgensen*, særtryk af Botanisk tidsskrift, 3 række, 2 bind, 1878. Copenhague.

§ 3. — Endoderme.

La dernière assise de l'écorce (*membrane protectrice* ou *endoderme*) revêt dans les racines un ensemble de caractères fixes qu'il est très rare de trouver dans les tiges. Les plissements engrenés des faces radiales de ses cellules, signalés dès 1858 par M. Caspary (1), puis par M. Nicolaï (2), M. Pfitzer (3), étudiés enfin dans la série des plantes par M. Ph. Van Tieghem (4), sont maintenant trop connus pour qu'il soit besoin de les décrire. Je rappellerai seulement qu'exclusivement protectrice chez les Phanérogames, la membrane endodermique contient les cellules rhizogènes chez les Fougères, les Marsiléacées et les Équisitacées, mais que, chez ces dernières plantes, c'est l'avant-dernière assise corticale qui porte les plissements ordinairement caractéristiques de la dernière ass

Enfin je dois ajouter ici, par anticipation à ce que je me propose de développer plus longuement dans la suite, que chez les plantes dont le cylindre central conserve son organisation primaire, les cellules endodermiques sont susceptibles d'épaississement, tandis qu'elles restent minces et dans certains cas capables de division radiale chez les espèces dont les formations vasculaires sont abondantes.

CHAPITRE III. — ASSISE PÉRIPHÉRIQUE DU CYLINDRE CENTRAL.

La membrane périphérique du cylindre central de la racine constitue l'assise la plus interne du système tégumentaire primaire.

Absolument constante chez les Dicotylédones et les Monocotylédones dont la racine a été étudiée, elle fait défaut chez les

---

(1) Les Hydrillées. *Ann. sc. nat.*, 4e série, 1858, t. IX, p. 360.

(2) Caspary, Bermerk. über die Schutzscheide (*Pringsheim's Jahrbücher*, 1866, t. IV, p. 101).

(3) *Pringsheim's Jahrbücher*, 1868, t. VI, p. 325.

(4) Mém. sur la Racine, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIII.

Équisétacées (fig. 33) ; mais elle est bien développée chez les Marsiléacées, les Fougères, les Lycopodes et les Sélaginelles. Chez les Ophioglossées et les Graminées, au lieu de former un anneau continu, elle n'est souvent représentée que par un petit nombre de cellules situées en regard : des faisceaux *ligneux* chez les premiers ; des faisceaux *libériens* chez les seconds.

Chez les Cryptogames vasculaires où elle existe, *la membrane périphérique ne concourt jamais à la formation des radicelles.* Au contraire, *chez les Phanérogames, c'est elle qui contient les cellules rhizogènes.* Aussi la désigne-t-on souvent chez ces végétaux sous le nom de *membrane rhizogène.* En Allemagne, on l'appelle *pericambium* : mais comme ce nom fait allusion à une propriété qui est bien loin d'être générale, je ne qualifierai cette assise de l'épithète de *péricambiale* que chez les plantes où elle engendre des tissus secondaires.

L'orientation, le mode de formation des radicelles, la localisation des cellules rhizogènes en regard des faisceaux ligneux primaires et, dans un petit nombre de cas, en regard du liber primaire, ont été, de la part de M. Ph. Van Tieghem (1) et de M. de Janczewski (2), l'objet d'une étude très attentive.

Les recherches sur ce sujet ne sauraient trouver place dans un mémoire sur l'appareil tégumentaire. Je rappelle seulement les faits découverts par M. de Janczewski pour établir le compte des formations qui doivent être attribuées à la dernière assise primaire de cet appareil.

Cette assise présente dans son évolution ultérieure de grandes différences, selon que l'organisation primaire du cylindre central est temporaire ou persistante. Dans le premier cas, elle engendre un ou même deux tissus secondaires que j'étudierai plus loin ; dans le second, elle revêt des caractères que je décrirai en suivant le développement du système tégumentaire dans la série des plantes.

---

(1) Mém. sur la Racine. *Ann. sc. nat.*, 5^e^ série, t. XIII, 1871.

(2) Recherches sur le développement des radicelles dans les Phanérogames. *Ann. sc. nat.*, 5^e^ série, t. XX, 1874.

CHAPITRE IV. — ÉLÉMENTS ÉPARS DANS LE TÉGUMENT.

§ 1. — Cellules et canaux sécréteurs.

M. Julien Vesque (1) distingue avec raison, dans l'écorce primaire des tiges, cinq sortes de glandes et de canaux sécréteurs : cellules cristalligènes, cellules à tannin, cellules laticifères, cellules à gomme, cellules et canaux oléo-résineux.

Chez toutes les espèces où je les ai observées, j'ai constaté que les cellules à tannin, les laticifères et les lacunes à gomme offrent les mêmes caractères et la même distribution dans la racine et la tige. Il me semble donc inutile de les décrire dans cette étude ; car, mon but étant de faire connaître le système tégumentaire de la racine, je dois surtout insister sur les traits particuliers de son organisation et me borner, pour ce qui est des analogies avec la tige, à les signaler.

J'ajoute que les cellules laticifères sont rares dans l'appareil tégumentaire aussi bien des tiges que des racines. C'est plutôt dans le liber qu'on les trouve ordinairement.

Quant aux cellules et aux canaux oléo-résineux, leur structure, leur nombre et leur disposition peuvent varier suivant qu'ils appartiennent à la tige ou à la racine. Je vais examiner ces différences.

CANAUX OLÉO-RÉSINEUX.

Chez la majeure partie des végétaux, le système tégumentaire est complètement dépourvu de canaux oléo-résineux. Je n'en ai point trouvé chez les Cryptogames vasculaires. Au nombre des familles phanérogames qui en offrent, on peut citer surtout les Conifères et les Cycadées parmi les Gymnospermes, les Aroidées parmi les Monocotylédones, les Ombellifères, les Araliacées, les Composées et les Clusiacées, parmi les Dicotylédones-angiospermes.

Comme ces appareils ont été l'objet d'une étude approfondie de la part de MM. Sachs (1), Trécul (2), N. J. C. Muller (3) et Ph. Van Tieghem (4), je me bornerai à donner, en l'accompagnant de dessins originaux, la description des variations que présentent les canaux oléifères dans le système tégumentaire des racines.

---

(1) Mém. sur l'anatomie comparée de l'écorce, *Ann. sc. nat.*, 6^e^ série, t. II, 1875, pp. 111-130.

Considéré isolément, chaque canal sécréteur a la même structure fondamentale dans la tige et dans la racine, bien qu'en général il soit moins développé dans cette dernière.

Les cellules de bordure du méat offrent dans la série des plantes où on les observe des degrés inégaux de différenciation. Ainsi, dans la famille des Composées, où les cellules oléifères appartiennent à l'endoderme, cette membrane peut rester simple ou se diviser tangentiellement en deux assises. M. Van Tieghem a montré que le premier cas est celui du *Scolymus grandiflorus ;* j'ai constaté qu'il en est ainsi chez l'*Echinops exaltatus* (fig. 69) et le *Lappa major*. La division tangentielle s'observe chez la plupart des Composées, par exemple chez les *Tagetes patula*.

Dans la tige de cette plante la structure de l'appareil oléifère est plus compliquée que dans la racine ; les cellules de bordure du méat se divisent de façon à isoler le canal de la membrane protectrice.

Chez les Composées dans la racine desquelles l'écorce primaire est persistante, les canaux formés dans l'endoderme se retrouvent intégralement dans l'organisation secondaire ; mais la division radiale de l'endoderme (fig. 69) les écarte de plus en plus les uns des autres dans le sens de la tangente.

Chez les Ombellifères, les Araliacées et les Pittosporées, les canaux sécréteurs sont localisés dans la membrane périphérique, en regard des faisceaux vasculaires. Il en résulte une perturbation dans la position et le nombre des radicelles.

---

(1) *Botanische Zeitung*, 1859, pp. 177-185, pl. VIII, fig. 17.

(2) *Journal de l'Institut*, 6 août 1862, et *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. V et . VII.

(3) *Untersuchung über die Vertheilung der Holze*, 1867.

(4) Mém. sur les canaux sécréteurs des plantes, *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVI, 1872.

Celles-ci se trouvent distribuées sur autant de rangées qu'il y a de faisceaux primaires (tant libériens que ligneux) dans la racine. Lors de l'organisation secondaire, les méats oléifères issus de l'assise péricambiale restent toujours compris entre le liège et le parenchyme secondaire qui procèdent de cette assise.

Chez les Aroïdées, les canaux sécréteurs sont distribués en zones concentriques alternantes dans le parenchyme cortical. Ils sont entourés chacun d'un étui fibreux qui résulte de l'épaississement des cellules environnantes. Le diamètre transversal de ces cellules est de beaucoup plus petit que celui des cellules voisines du parenchyme ; mais leurs dimensions longitudinales sont bien plus grandes ; leurs extrémités sont effilées comme celles des fibres ordinaires. Par suite, la gaine qu'elles composent est d'une grande solidité.

Les canaux sécréteurs sont en général non seulement plus petits, mais aussi plus rares dans la racine que dans la tige ; car chez les espèces dont la tige ne présente pas ces sortes de méats, il n'y en a pas non plus dans la racine, et souvent ce membre en est dépourvu alors que la tige en possède.

Les Conifères offrent un exemple saisissant de ce contraste. Chez aucune espèce de cette famille le parenchyme cortical de la racine n'a de canaux oléo-résineux ; il y en a, au contraire et de parfaitement développés, dans l'écorce de la tige de toutes les Conifères, excepté dans les espèces du genre *Taxus*. L'étude des Cycadées, des Butomées et des Clusiacées conduit à la même conclusion.

En résumé, on voit que :

1° *Les canaux oléo-résineux du système tégumentaire sont souvent plus étroits et souvent moins développés dans la racine que dans la tige ;*

2° *Le nombre de ces canaux, quand il n'est pas le même dans la racine que dans la tige, est moins élevé dans la racine, ce dernier cas étant plus fréquent ;*

3° *Chez les espèces où il a été constaté que la tige n'en présente pas, il n'y en a pas non plus dans la racine*

Ainsi, *la tendance à la production des canaux oléo-résineux* *est en général beaucoup moins accusée dans le système tégumentaire de la racine que dans celui de la tige.*

§ 2. — Cellules scléreuses.

Les cellules scléreuses sont rarement des éléments de formation primaire dans le système tégumentaire de la racine, Je n'en connais guère de cet ordre que chez quelques Amaryllidées (ex. : *Agave*) et les Monstérinées (ex. : *Scindapsus*, *Raphidophora*, *Tornelia*, *Monstera*, etc.). L'étude que j'en ai faite chez ces végétaux infirme l'opinion émise par M. Cohn (1) que leur rôle est de servir de réserves nutritives, de magasins de cellulose. Voici en effet comment elles se forment et quelle disposition elles affectent dans la racine du *Scindapsus pertusus* :

Lorsqu'on fait une coupe transversale à la hauteur de la coiffe, la racine étant peu épaisse, le parenchyme cortical présente les caractères normaux : toutes ses cellules ont leurs parois minces ; à un niveau un peu plus élevé on voit quelques cellules d'une des assises internes de l'écorce (souvent la quatrième avant l'endoderme) se sclérifier, se canaliculiser et s'encroûter (fig. 22) ; ces cellules contiennent des grains d'amidon. A un niveau supérieur, le nombre de ces cellules scléreuses appartenant à la même assise est encore plus considérable ; la même sclérification se produit dans une des assises contiguës à la précédente, et de telle façon que les cellules encroûtées contigues communiquent entre elles par leurs étroits canalicules. Chez le *Raphidophora pinnata* le phénomène est encore plus prononcé. Toutes les cellules de deux ou trois assises contigues, se sclérifiant dans les parties âgées qui présentent un fort diamètre transversal, forment autour de l'endoderme, dont elles ne sont séparées que par quatre ou cinq assises parenchymateuses, un manchon protecteur continu, très énergique, généralement coloré en jaune verdâtre.

---

(1) Rud. Müller, *Die Rinde unserer Laubhölzer*, Breslau, 1875, p. 34. — M. Julien Vesque (anatomie comparée de l'écorce, *Ann. sc. nat.*, 6ᵉ série, t. II, 1875, p. 127) oppose aussi à l'opinion de M. Cohn des arguments qui me paraissent décisifs; j'aurai plus loin l'occasion de les examiner.

Ce manchon ne se différencie du reste du parenchyme cortical que si le diamètre transversal de la racine est assez considérable ; et encore n'est-ce qu'*à une grande distance du sommet* ; cette distance varie d'une racine à l'autre, mais ordinairement n'est pas inférieure à 30 centimètres. Avant qu'il ne soit constitué, le cylindre central tend à se déformer. Au contraire, lorsque le manchon scléreux est solidement établi, les éléments du cylindre central conservent la position normale.

Au point de passage des radicelles il se fait un amas de cellules scléreuses tout autour de celles-ci, près de l'endoderme. Ainsi la base de la radicelle, la région du cylindre central d'où elle émane, sont protégées par un épais anneau de cellules scléreuses qui se relient sans interruption à celles qui viennent d'être décrites (fig. 83).

Un manchon protecteur analogue à celui des Monsterinées, mais bien plus considérable, s'établit dans la racine de l'*Agave glauca* (fig. 24). Ce sont toutes les cellules de la zone interne du parenchyme cortical qui se sclérifient, se canaliculisent et se colorent en jaune, puis en rouge vif. Elles commencent à revêtir ces caractères à une petite distance du sommet. Dans les parties âgées la zone sclérifiée comprend d'ordinaire de six à sept ou même huit assises de cellules.

En aucun cas je n'ai vu les parois des cellules scléreuses s'amincir; quand j'ai constaté un changement, c'est toujours sous forme d'épaississement qu'il m'a paru s'opérer.

Cette observation enlève tout fondement à l'hypothèse de M. Cohn, au moins pour le cas particulier des *Agave*, des *Tornelia*, des *Scindapsus*, des *Monstera* et des *Raphidophora*.

L'examen des cellules scléreuses de formation secondaire m'a conduit à la même conclusion.

Je dois faire remarquer aussi que les cellules scléreuses d'origine primaire que présente le parenchyme cortical des *Agave* et des Monstérinées ne sont guère plus allongées dans le sens axial que dans les autres sens. Il n'en est généralement pas ainsi des cellules scléreuses secondaires de l'écorce.

§ 3. — Collenchyme et prosenchyme.

Le système tégumentaire des racines présente très rarement du collenchyme (ex. : *Raphidophora*). Au contraire, ce tissu est fréquent dans les tiges ; c'est le plus souvent sous l'épiderme qu'il acquiert son plus grand développement.

Le *prosenchyme* est *également* répandu dans les deux membres, mais ce n'est guère que chez quelques familles monocotylédones. J'ai décrit plus haut la gaine prosenchymateuse qui entoure les canaux sécréteurs des *Philodendron*. Il me reste à citer les Pandanées et beaucoup de Palmiers, parmi les végétaux dont le système tégumentaire primaire est pourvu soit d'une zone, soit de faisceaux isolés de prosenchyme.

Dans la racine du *Caryota urens*, la région interne du parenchyme cortical présente plusieurs séries concentriques de faisceaux fibreux qui alternent dans le sens radial (fig. 29).

Chacun de ces faisceaux fibreux constitue un cordon cylindrique autour duquel les cellules contiguës du parenchyme offrent une disposition radiée.

Chez le *Phœnix dactylifera*, la couche génératrice de la zone externe de l'écorce se fibrifie ; il en résulte la formation d'une forte ceinture continue ; une section transversale pratiquée même à une petite distance du sommet montre en outre des faisceaux d'éléments prosenchymateux rangés sur plusieurs cercles dans la partie interne de l'écorce externe ; à un niveau supérieur le parenchyme se résorbe et de grandes lacunes se forment entre ces groupes fasciculaires de prosenchyme.

Chez un *Phœnix* du Zanzibar ces faisceaux sont encore plus nombreux ; ils sont disséminés dans les deux zones, interne et externe, de l'écorce primaire.

Chez les *Pandanus stenophyllus* et *P. javanicus* se retrouve une ceinture prosenchymateuse comparable à celle des *Phœnix* et, dans le parenchyme cortical, des faisceaux également prosenchymateux qui sont beaucoup plus considérables que chez les Palmiers. Une coupe horizontale pratiquée chez le *Pandanus stenophyllus* à 10 centimètres de l'extrémité présente trois régions bien distinctes : la région externe de l'écorce est constituée par un tissu secondaire que j'étudierai plus loin ; ce tissu recouvre un manchon continu de deux ou trois assises de fibres blanches, très épaissies, peu allongées, que le chloroiodure de zinc colore en jaune. La section transversale de chacune de ces fibres est petite. Au contraire, les cellules du parenchyme sous-jacent sont relativement très grandes et de plus isodiamétriques. De place en place quelques-unes sont déchirées. Au milieu d'elles sont distribuées çà et là des îlots d'éléments prosenchymateux, blancs, que le chloroiodure de zinc colore en jaune. Ces îlots sont d'autant plus grands et d'autant plus écartés les uns des autres qu'ils s'éloignent du centre. Ils sont disposés avec une certaine régularité en séries circulaires alternantes.

A mesure que l'on se rapproche du sommet, on voit l'épaisseur des cellules prosenchymateuses diminuer, et, bien qu'elles soient déjà différenciées à la base du cône formé par la coiffe, à une très faible distance de l'extrémité du membre elles ne se distinguent plus des cellules prosenchymateuses qui les environnent.

La présence du prosenchyme dans l'écorce des racines, sous forme de ceinture continue ou de faisceaux indépendants, a pour but d'assurer d'une façon très énergique la rigidité du membre. Aussi est-elle liée au genre de vie de la plante et surtout au diamètre transversal que la racine doit acquérir. Chacun sait en effet que la tige des Dattiers et des Pandanées est soulevée à quelque distance du sol, grâce aux racines adventives qui la supportent. Il est donc nécessaire que celles-ci soient fortes, et que par conséquent elles acquièrent de très bonne heure de grandes dimensions transversales.

Ce grossissement très précoce de la racine, accompagné de la formation d'éléments prosenchymateux de soutien dans le tissu conjonctif modifie considérablement les dimensions relatives ordinaires du cylindre central et de l'écorce. Ainsi, sur une coupe de 0^{cm}4 de rayon faite à 2 centimètres du sommet dans la racine du *Pandanus stenophyllus*, l'écorce ne mesure que $0^{cm}13$ d'épaisseur ; c'est-à-dire que le cylindre central est trois fois plus épais que l'écorce.

Ce rapport est celui que l'on observe normalement dans les tiges. Au contraire, dans les racines que ne soutiennent pas des éléments prosenchymateux, c'est l'écorce primaire qui sur la coupe transversale occupe la plus grande surface (1). En

---

(1) Les nombres suivants expriment le rapport que j'ai trouvé entre le diamètre du cylindre central et celui de la coupe entière, lors de l'organisation primaire chez plusieurs plantes, soit Cryptogames vasculaires, soit mono-, soit dicotylédones :

Cryptogames vasculaires,	Angiopteris evecta.........	$\frac{1}{8,00}$	Moyenne $\frac{1}{6,8}$
	Equisetum Telmateya	$\frac{1}{5,50}$	
	Marsilea quadrifolia.......	$\frac{1}{7,00}$	
Monocotylédones.......	Epidendron crassifolium...	$\frac{1}{6,25}$	Moyenne $\frac{1}{6}$
	Vanilla planifolia.........	$\frac{1}{5,33}$	
	Pontederia crassipes......	$\frac{1}{5,00}$	
	Typha latifolia...........	$\frac{1}{5,50}$	
	Strelitzia augusta....	$\frac{1}{6,43}$	
	Oporanthus luteus.........	$\frac{1}{8,50}$	
	Imantophyllum miniatum..	$\frac{1}{7,66}$	
	Iris germanica............	$\frac{1}{6,25}$	
	Asparagus officinalis.......	$\frac{1}{5,00}$	
	Lilium superbum..........	$\frac{1}{4,70}$	
Dicotylédones à écorce primaire persistante..	Ruyschia Souroubea.......	$\frac{1}{4,00}$	Moyenne $\frac{1}{4,5}$
	Ranunculus procerus......	$\frac{1}{5,00}$	
Dicotylédones dont l'écorce primaire s'exfolie.	Sambucus villosa.........	$\frac{3}{3,60}$	Moyenne $\frac{1}{3,85}$
	Ilex aquifolium...........	$\frac{1}{3,40}$	
	Ligustrum ovalifolium.....	$\frac{1}{4,20}$	
	Anemone pensylvanica....	$\frac{1}{3,40}$	

Ces moyennes n'ont d'autre valeur que d'indiquer sous une forme abrégée général sur les coupes des racines *ne présentant que la structure primaire, les dimensions* RELATIVES *du cylindre central sont moindres chez les Cryptogames vasculaires que chez les Monocotylédones, moindres chez ces dernières que chez les Dicotylédones.*

Dans les racines adventives des *Dracæna*, qui soutiennent la tige comme font les racines adventives des *Pandanus*, les dimensions relatives du cylindre central et de l'écorce ne sont plus du tout dans le même rapport que chez les autres Liliacées; bien que l'écorce radicale des *Dracæna* ne présente pas de faisceaux prosenchymateux, elles se rapprochent de la proportion que l'on remarque d'ordinaire dans les tiges.

§ 4. — Poils internes.

Je ne cite ici que pour mémoire les *poils internes* que M. Van Tieghem (1) a signalés dans le parenchyme cortical des Monstérinées (*Monstera*, *Raphidophora*, *Tornelia*, etc.). Ces poils ont des caractères semblables dans les racines et dans les tiges.

M. Van Tieghem a décrit des poils internes dans la tige et la racine d'une plante qui était déterminée sous le nom de *Pothos Rumphii*, dans les collection du Muséum. Mais M. Engler (Flore du Brésil) (2) a montré que cette plante appartient au genre *Cuscuaria*, de la tribu des Monstérinées. On ne connaît donc jusqu'alors de poils internes que dans les végétaux de cette tribu.

---

le sens de l'accroissement relatif du cylindre central. Pour déterminer les dimensions de ce cylindre, je l'ai toujours mesuré dans les parties les plus âgées chez les Cryptogames vasculaires et les Monocotylédones, et à la fin de la période primaire, chez les Dicotylédones. J'ai exécuté un grand nombre de mensurations sur beaucoup d'autres espèces que celles que je viens de citer: elles m'ont toujours donné le même résultat.

(1) Recherches sur les Aroïdées.

(2) *Martii Flora Brasiliensis*, fasc. LXXXVI. Lemnaceæ, Araceæ, note de la page 36.

2e SECTION : ÉLÉMENTS SECONDAIRES.

Les éléments secondaires de l'appareil tégumentaire des racines peuvent être subéreux, subéroïdes (1), sclérenchymateux et parenchymateux.

Comme je me propose de faire une étude détaillée de ces éléments et des conditions dans lesquelles ils se produisent, c'est seulement en suivant la série des végétaux qu'il me sera possible de les décrire et d'indiquer de quelles assises primaires ils procèdent, selon le genre de vie de la plante et le groupe naturel auquel elle appartient.

Je me bornerai donc, dans les trois chapitres qui vont suivre, à exposer brièvement la constitution et les divers modes de production de ces éléments secondaires. Je n'insisterai que sur le phénomène chimique de la subérification, parce qu'il peut être considéré indépendamment de la structure anatomique des tissus qui en sont le siège.

CHAPITRE Ier. — Liège et subéroïde.

§ 1er. Liège.

Le Liège ou Suber est un tissu cellulaire secondaire, caractérisé *à la fois* par sa constitution anatomique et sa nature chimique.

Il procède de la division successive d'une assise cellulaire dans le sens tangentiel, et quelquefois en outre dans le sens radial. Ses cellules ne laissent entre elles aucun méat.

Quand elles ont acquis leurs caractères de cellules de liège, elles ne contiennent pas de protoplasma, leurs parois offrent des reflets irisés. Elles sont insolubles dans le liquide ammoniaco-cuivrique de Schweizer et inattaquables par le *Bacillus Amylobacter* ; elles se colorent en *jaune* quand on les traite par le *chloroiodure de zinc* ou simultanément par l'acide sulfurique et l'iode. Elles forment avec la potasse un savon et sont insolubles dans les dissolvants ordinaires des corps gras, l'alcool par exemple. Avec l'acide nitrique, elles donnent naissance à l'acide subérique. Le mélange d'aniline et d'acide sulfurique (procédé Wiesner) ne leur communique aucune coloration particulière.

---

(1) *Pour la définition du subéroïde*, chap. I, § 2.

On ne fait ordinairement entrer que ces réactions chimiques dans la définition du liège. Or, M. Vesque a montré — et toutes mes observations confirment cette assertion — que ces réactions sont communes à la *cutine.* Cette substance, d'après les analyses de M. Fremy (1), renferme sur 100 parties :

Carbone	73,66	= 100.
Hydrogène	11,37	
Oxygène	14,97	

Ainsi que cet auteur le fait remarquer, il n'est pas surprenant de trouver cette composition, voisine de celle des corps gras, dans des membranes situées à la périphérie du végétal et destinées à le protéger contre les agents extérieurs.

Je dois cependant faire observer que les cellules du liège ne sont pas les seules qui manifestent les réactions de la cutine. J'ai reconnu que *les parois épaissies de la membrane épidermoïdale se colorent exactement comme le liège, lorsqu'on les soumet à l'action des agents chimiques.* Il en est souvent de même de l'*endoderme.* Déjà M. Van Tieghem, dans son travail sur les canaux sécréteurs, a appelé l'attention des anatomistes sur ce fait, que chez le *Tagetes patula* les parois de l'endoderme acquièrent souvent par les progrès de l'âge « des reflets irisés analogues à ceux qui caractérisent les cellules subéreuses (2) » ; et M. Vesque, dans son *Mémoire sur l'anatomie comparée de l'Écorce* (3), se demande à ce sujet si la composition de ces parois et des membranes du liège se rapproche de la composition de la cutine, comme les dernières recherches de M. Fremy tendent à l'établir.

---

(1) Recherches chimiques sur la composition des cellules végétales, *Ann. sc. nat.*, 4e série, t. XII, 1859, p. 336.

(2) Can. secr. des plantes, *Ann. sc. nat.*, 5e série, 1872.

(3) *Ann. sc. nat.*, 6e série, t. II, 1875, p. 90.

En attendant qu'une analyse très délicate réponde à cette question, j'ai cherché à l'éclairer par la *méthode des réactions microchimiques*. Cette méthode a sur celle que les chimistes emploient d'ordinaire le grand avantage de permettre à l'observateur de suivre d'une façon continue toutes les phases de la réaction, sans s'exposer à se méprendre sur la localisation du phénomène. En effet, lorsqu'on soumet à l'influence de certains acides (SO^3, AzO^5, etc.) ou de certaines bases (KO, etc.), les organes des végétaux, et que, l'opération terminée, on les examine au microscope, il est difficile de distinguer les éléments histologiques et plus encore de se prononcer sur la nature des changements qu'un traitement déterminé leur a fait subir : étant donnés plusieurs ordres d'éléments, par exemple des cellules de parenchyme, des fibres épaisses et des vaisseaux ligneux, il est impossible de décider quelle action ils peuvent avoir l'un sur l'autre dans un mélange au sein de l'éther, de l'acide sulfurique, de l'acide nitrique ou de la potasse. En outre, tous les éléments se trouvant plus ou moins altérés (1) par le traitement chimique, on ne peut guère se prononcer avec certitude sur la nature histologique de ceux qui n'ont pas été complètement dissous. Que si au contraire on les considère sur une coupe mince où ils ne sont que juxtaposés et pendant tout le temps que dure la réaction, l'examen devient à la fois plus simple et plus sûr. Comme cette méthode élimine, au moins en grande partie, une des causes d'erreur que je viens de signaler, — l'influence que peuvent exercer les unes sur les autres des matières dérivées d'éléments histologiques différents, — il n'est pas étonnant qu'elle ne confirme pas toujours les conclusions auxquelles la méthode ordinairement employée a conduit.

C'est ainsi qu'elle ne m'a pas permis d'adopter d'une façon absolue la distinction que M. Fremy fait entre la *lignose*, la *fibrose* et la *vasculose*. Ce chimiste soumet des copeaux à l'action successive de divers agents ; puis il étudie au microscope les résidus de chaque traitement, — résidus dont la structure anatomique n'est plus nette, — et de la résistance de chacun d'eux, soit à l'acide chlorhydrique, soit à l'acide sulfurique concentré, soit à l'acide nitrique, soit à la potasse concentrée et bouillante, etc., il conclut à la distinction de la matière : — parenchymateuse, — fibreuse, — ligneuse, — vasculaire, — et subérique.

---

(1) Les ponctuations, les bourrelets annelés disparaissent; les éléments se gonflent, deviennent souvent méconnaissables.

Au microscope, les réactions chimiques ne m'autorisent à distinguer d'une façon absolue, dans les parois des éléments histologiques des végétaux, que la *cellulose*, la *lignose* et la *subérine* ou *cutine*.

Voici comment j'établis ces distinctions : quand je traite une mince coupe végétale (1) préalablement lavée dans l'*eau*, l'*alcool* ou l'*éther* (2), par le *chloroiodure de zinc* ou l'*acide sulfurique* et l'*iode* employés simultanément, *la cellulose bleuit ; la lignose et la subérine jaunissent*.

Si je fais macérer dans l'eau des coupes semblables à celle qui m'a servi à faire cette réaction, j'observe la destruction presque toujours totale des éléments dont les congénères ont bleui par le chloroiodure de zinc, tandis que ceux que ce réactif colore d'ordinaire en jaune ne sont point attaqués. C'est donc bien la cellulose que cet agent colore en bleu, et la matière non cellulosique qu'il colore en jaune.

Cette matière comprend deux ordres de substances différentes. En effet, si je fais bouillir dans l'acide nitrique une coupe mince, suffisamment âgée et préalablement lavée à l'eau, qu'après cette opération je lui fasse subir un nouveau lavage jusqu'à la désacidifier complètement, le chloroiodure de zinc colorera :

---

(1) Il s'agit ici d'une coupe assez mince pour pouvoir être parfaitement bien étudiée au microscope. Les autres coupes ne méritent pas cette qualification de minces.

(2) Les coupes traitées par l'alcool ou l'éther ont toujours été, dans mes opérations, lavées dans l'eau avant d'être soumises à l'influence du chloroiodure de zinc ou de l'iode et de l'acide sulfurique.

en bleu : les parois des *cellules ligneuses*, des *fibres épaissies* et des *vaisseaux du bois;*
en jaune : les cellules *subéreuses* et la *partie cutinisée* de la cuticule.

J'ai essayé de séparer la substance des vaisseaux ligneux de celle des fibres, en répétant sur la lamelle du microscope la série des opérations chimiques instituées par M. Fremy. J'ai bien constaté que la vasculose résiste quelquefois plus que la fibrose à l'action de l'acide sulfurique concentré, mais après avoir répété l'expérience sur un grand nombre de plantes mono- et dicotylédones, je demeure convaincu que la différence de résistance à cet agent est chose extrêmement variable. Les fibres et les vaisseaux se gonflent d'abord; puis les ponctuations des vaisseaux disparaissent; enfin les parois des deux sortes d'éléments s'amincissent; et si on les considère sur une coupe longitudinale, où ils se touchent, il devient le plus souvent impossible de les bien distinguer : *a fortiori*, quand on n'a pas suivi cette action au microscope.

A l'appui des réserves que je fais ici, je puis citer le fait suivant : M. Fremy, pour déterminer les caractères de la *vasculose*, a eu recours au cœur de chêne, qui est très riche en vaisseaux ligneux; et quand il a voulu définir la fibrose, c'est à des sapins qu'il l'a demandée, le bois des Conifères ne renfermant que des fibres. Mais, ce qui précisément me fait hésiter à adopter sans restriction une distinction absolue entre la fibrose et la vasculose, c'est que chez les Conifères les fibres tiennent *physiologiquement* et *morphologiquement* lieu de vaisseaux (1).

---

(1) A l'époque où M. Fremy entreprit ses premières recherches sur la constitution chimique des fibres, des vaisseaux, de la cutine, il n'était pas encore établi sans conteste que tous les éléments anatomiques procèdent de la cellule. Il était donc naturel de supposer que ces éléments peuvent présenter dès leur jeune âge des caractères chimiques distinctifs.

Je crois donc que si les opérations ordinaires de la chimie ont pu jeter un grand jour sur la constitution élémentaire des plantes, l'anatomie végétale est maintenant trop avancée pour ne point exiger l'emploi plus instructif des réactions microchimiques. C'est en me livrant à ce genre d'études que j'ai reconnu que la subérification chimique, loin d'être un phénomène particulier aux cellules du liège et à la cuticule, est au contraire une modification très générale des tissus destinés à jouer le rôle physiologique d'épiderme.

Chaque fois que j'ai traité le sclérenchyme de formation secondaire par le chloroiodure de zinc, je l'ai vu se colorer en jaune, alors même que cette réaction avait été précédée du séjour de la coupe dans l'acide nitrique bouillant. Lorsque les cellules endodermiques épaississent considérablement leurs parois, phénomène qui est surtout très prononcé chez les Liliacées et les Iridées, elles présentent cette même réaction de la subérine. C'est ce qu'on voit manifestement chez les *Iris*, les *Smilax* (fig. 41, 27 et 36). Chez la Vanille, les cellules endodermiques situées en regard des faisceaux ligneux conservent des parois minces, tandis qu'elles s'épaississent en regard du liber primaire. Il en est de même des éléments de la membrane périphérique du cylindre central. Ils constituent une alternance d'arcs à parois minces et d'arcs épaissis. Or, à cette différenciation anatomique correspond, ainsi qu'un grand nombre d'expériences me l'ont appris, une différenciation chimique évidente. Les arcs épaissis de l'endoderme et de l'assise périphérique du cylindre central restent cellulosiques, tandis que les arcs intermédiaires sont complètement subérifiés.

J'ai reconnu aussi que dans bien des cas (ex. : *Philodendron*, *Agave*, *Vanilla*) les parois de la membrane épidermoïdale peuvent se cutiniser ; qu'enfin le parenchyme du système tégumentaire primaire subit généralement la subérification chimique avant de s'exfolier, chez les plantes où il est normalement caduc.

Je rapporte ici ces faits, dont l'exposition détaillée trouvera place plus loin, pour montrer que le liège ne saurait être défini uniquement d'après sa composition élémentaire, ou, ce qui revient au même dans l'état actuel de la science, d'après les réactions chmiques qu'il manifeste (1). La structure anatomique et le mode de formation sont encore plus importants que la composition élémentaire, pour caractériser un tissu.

Or le liège, quelle que soit la région du végétal où il se rencontre, s'y fait facilement reconnaître par la disposition rayonnante de ses éléments sans méats et la façon dont ils sont engendrés. L'opinion vaguement émise par Schleiden, puis

---

(1) Il est très important de remarquer que le chloroiodure de zinc n'est pas un réactif rigoureusement défini au point de vue quantitatif; qu'en outre, le même réactif ne convient pas également bien à toutes les espèces de plantes. Bien souvent j'ai observé que le chloroiodure de zinc, qui venait de me donner d'excellentes indications sur la coupe d'une racine, n'agissait pas nettement sur une racine d'une autre espèce. C'est que les cellules végétales renferment diverses matières qui, dans bien des cas, peuvent s'opposer à la réaction. Aussi ai-je pris le parti de les bien laver (soit dans l'eau, l'alcool, l'éther ou le chloroforme) avant de les soumettre à l'action de réactifs.

Enfin j'ai eu recours à quatre ou cinq préparations différentes du chloroiodure de zinc, et quand l'une ne me donnait aucun résultat, j'avais recours à une autre. De cette façon, j'ai toujours pu employer ce mélange pour reconnaître les caractères chimiques des éléments histologiques.

Je préparais le chloroiodure de zinc en ajoutant à une solution aqueuse de chlorure de zinc une quantité variable d'iodure de potassium. Tantôt j'y versais une petite quantité d'iode, tantôt je n'en mettais pas.

En modifiant la proportion de ces éléments, en étendant ou non d'eau les mélanges, j'en obtenais une série de 4,5 ou 6 dont un au moins pouvait me servir, lorsque les autres ne m'étaient d'aucune utilité.

La solution iodée au titre de 1 gramme d'iode dans 3 grammes d'iodure de potassium et 600 grammes d'eau m'a été aussi, avec l'emploi immédiat de l'acide sulfurique étendu, d'un usage précieux.

Enfin, pour bien mettre en lumière dans les coupes microscopiques les parties subérifiées et celles qui ne le sont pas, j'ai imaginé de faire baigner les coupes dans une solution moitié alcoolique, moitié aqueuse de fuchsine, puis de les plonger dans l'alcool absolu. Après ce dernier traitement, les parties cellulosiques, et généralement les parois des fibres et des vaisseaux, sont décolorées, tandis que les parties cutinisées ou subérifiées conservent pendant longtemps encore la couleur rouge de la fuchsine. Comme on le voit, ce procédé ne saurait servir pour l'analyse, mais il est d'un usage commode pour permettre de lire très rapidement les coupes, en remarquant immédiatement les différences les plus saillantes de la constitution chimique (voir plus loin : endoderme des **Iris, de la Vanille, des Épidendrées, etc.**).

soutenue en 1860 par M. Cas. de Candolle (1), que le liège peut naître d'une formation cellulaire libre, me paraît en désaccord avec toutes les observations positives. En 1859, M. Sanio (2) a publié, sur l'apparition des premières cellules subéreuses dans les tiges, un travail très étendu où il déclare les avoir toujours vues procéder de la segmentation tangentielle d'une cellule mère, et M. Rauwenhoff (3), qui a poursuivi la même étude avec beaucoup de patience, a été conduit au même résultat. Mes observations personnelles confirment de tout point la manière de voir de ces savants : grâce à l'emploi de l'alcool absolu et du chloroforme à chaud, j'ai pu dans un certain nombre de cas assister à la scission tangentielle du protoplasma de la cellule phellogène et suivre presque complètement sur la même plante la formation de la cloison : j'ai cherché en quel point de la cellule et dans quelle direction cette cloison commence à se produire; mais les efforts que j'ai tentés dans ce sens me conduisent plutôt à admettre que la cloison se forme aussi tôt et avec la même rapidité vers le milieu que sur les bords. Elle semble naître d'une différenciation chimique du protoplasma suivant la ligne où sa scission commence à s'opérer. J'ai constaté qu'après l'établissement de cette cloison, les deux cellules filles, pourvues chacune de protoplasma et alors encore de parois cellulosiques, peuvent continuer à s'accroître pendant longtemps. Ce n'est qu'après avoir acquis leurs dimensions maxima qu'elles cessent d'être génératrices, perdent leur protoplasma et subissent simultanément la subérification chimique.

De ce fait que les cellules du liège dérivent d'une segmentation tangentielle successive, il résulte qu'elles offrent une section quadrangulaire ou voisine de cette forme ; qu'elles sont rangées en files radiales et de plus en séries concentriques régulières. Lorsque le phellogène ou assise génératrice du liège forme un cercle, les cellules auxquelles il donne naissance constituent un manchon complet dont l'épaisseur peut s'accroître continuellement. Ce qui la maintient d'ordinaire à peu près constante, à partir d'une certaine limite, c'est que le liège s'exfolie à mesure qu'il se régénère.

---

(1) Cas. de Candolle, *Mém. Société physiologique et d'hist. nat. de Genève*: De la production naturelle et artificielle du liège.

(2) Sanio, Bau und Entwicklung des Korkes *in Pringsheim's Jahbucher*, II, 1859.

(3) Rauwenhoff, *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XII, pp. 354-357

Dans les racines, le liège tire son origine soit du parenchyme cortical, soit de la membrane périphérique du cylindre central, soit enfin, ce qui est très rare quand la plante ne dépérit pas, du parenchyme libérien secondaire.

Je laisserai provisoirement ce dernier cas de côté, me réservant d'en parler en décrivant les plantes où il se présente.

Chaque fois que j'ai constaté la production du liège dans le parenchyme cortical primaire, c'est exclusivement vers la périphérie, au-dessous de l'assise pilifère, que je l'ai vu se former (1).

La division tangentielle des cellules de l'écorce engendrant du liège est comparable à la division plus précoce de l'extrémité radiculaire qui a pour résultat la formation de la coiffe. Néanmoins, l'assise pilifère demeurant, dès qu'elle est spécialisée, indépendante de la coiffe, il n'y a entre ce dernier appareil et le liège aucune connexion anatomique. Le liège apparaît dans le parenchyme cortical tantôt à une petite, tantôt à une grande distance de la coiffe, suivant certaines conditions que je m'efforçerai de déterminer plus loin.

Lorsque le liège dérive de la membrane périphérique du cylindre central, M. Ph. Van Tieghem (2) a montré que chacune des cellules de cette assise subit vers son bord externe une série de divisions tangentielles. Les cellules nées de ces cloisonnements successifs grandissent et se subérifient, tandis que l'écorce primaire s'exfolie.

---

(1) Mais non pas toujours immédiatement au-dessous de la membrane pilifère ; quelquefois dans l'assise épidermoïdale, quelquefois dans les assises sous-jacentes. M. Jörgensen a observé la production de quelques cellules subéreuses dans la membrane pilifère du *Solidago*. Je n'ai point observé de fait de ce genre. Quand j'ai vu l'assise pilifère se diviser tangentiellement, c'est à un voile qu'elle a donné naissance : chez certains Anthurium, par exemple A. Miquelianum, les cellules de ce voile ne sont pas spiralées ; elles sont donc comparables aux cellules subéreuses.

(2) Mémoire sur la racine, *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XIII.

J'ai cherché en quels points déterminés de cette membrane apparaissent les premières cellules subéreuses, quel est le sens de leur développement et quelle forme elles affectent dans le cas où elles procèdent de cette assise et dans celui où elles dérivent du parenchyme primaire. Mais je crois que les résultats auxquels je suis arrivé ne doivent être exposés qu'après l'examen détaillé des diverses espèces végétales sur lesquelles mes investigations ont porté.

Le *périderme* (1) n'est pas rare dans le système tégumentaire secondaire de la racine. Comme les cellules subéreuses ordinaires, il procède soit du parenchyme primaire (fig. 51) soit de l'assise périphérique du cylindre central (fig. 74). J'indiquerai plus loin dans quelles conditions spéciales je l'ai vu se produire.

§ 2. — Subéroïde.

Au système du liège doit se rattacher un tissu protecteur qui est très développé chez les Monocotylédones, qui a la même nature chimique que le suber, mais dont la constitution anatomique ne présente pas cette parfaite régularité et cette disposition uniforme qui font aisément reconnaître le vrai liège. Les éléments de ce tissu ne sont point tabulaires ; souvent leur section transversale est hexagonale et leurs parois sont flexueuses ; ils procèdent les uns des autres par voie de division tangentielle çà et là interrompue par quelques cloisonnements radiaux ou obliques (fig. 52). Ce tissu, toujours périphérique, n'est pas accompagné de liège véritable dans les racines où il existe; il constitue autour de la racine un manchon qui, réduit à deux ou trois assises sous la coiffe, devient extrêmement épais dans les parties plus âgées. En raison de sa précocité, il pourrait être rapproché des tissus primaires; mais en raison de ses analogies avec le liège et de son développement qui s'effectue dans les mêmes conditions que ce tissu, c'est dans ce chapitre qu'il devait être décrit (1).

---

(1) Les auteurs qui ont traité du liège n'ont pas tous pris le mot *périderme* dans le même sens. Je désigne sous ce nom, après Hugo von Mohl, une ou plusieurs assises de cellules subéreuses très épaissies, formant autour des couches qu'elles recouvrent un anneau complet. Le périderme alterne souvent avec des cellules de liège à parois minces ; les couches subéreuses sont alors stratifiées. C'est dans ce cas que le mot périderme a été le plus souvent employé.

CHAPITRE II. — Sclérenchyme.

J'ai montré (1re partie, 1re sect., chap. IV, § 2) que les cellules scléreuses peuvent dans certains cas faire partie du parenchyme cortical primaire de la racine. Mais plus souvent le sclérenchyme proprement dit apparaît dans le tégument comme tissu secondaire.

Il se compose alors de cellules allongées dans le sens longitudinal, effilées vers leur extrémité inférieure et leur extrémité supérieure, renflées vers leur mileu, pourvues de parois canaliculées et tellement épaissies que l'intérieur de la cellule est réduit à un très petit espace.

Généralement ces cellules manifestent les mêmes réactions microchimiques que le suber.

Le sclérenchyme secondaire, quoique moins rare que les cellules scléreuses primaires, est peu répandu dans l'appareil tégumentaire des racines. Il dérive de la membrane périphérique du cylindre central ou du parenchyme cortical primaire, suivant la nature et le genre de vie des plantes chez lesquelles on le considère (2).

CHAPITRE III. — Parenchyme tégumentaire secondaire.

Dans un grand nombre de cas dont je chercherai la loi en les examinant successivement (3), le bord interne de l'assise périphérique du cylindre central subit une série de divisions tangentielles *centrifuges*, d'où résulte la formation d'un parenchyme secondaire au-dessous de cette assise génératrice.

---

(1) Les végétaux dont la racine est pourvue d'un subéroïde sont étudiés plus loin, 2e partie, 2e section, chap. II, § 2.

(2) 2e Partie, 2e section, chap. II, § 3.

(3) 2e Partie, 3e et 4e sections.

Les cellules de ce parenchyme conservent généralement des parois cellulosiques ; elles grandissent pendant longtemps, de sorte qu'il se forme quelquefois de petits méats à leurs angles ; elles sont étirées dans le sens tangentiel, par suite de l'accroissement continu du bois et du liber secondaires ; quand elles ont acquis leurs dimensions maxima, elles se divisent, et c'est le plus souvent par voie de cloisonnement radial (fig. 84) ; elles se segmentent aussi obliquement. Aussi leurs connexions originelles se trouvent-elles bientôt méconnaissables.

DEUXIÈME PARTIE. — APPAREIL TÉGUMENTAIRE DANS LA SÉRIE DES PLANTES.

Dans la première partie de ce travail, je n'ai parlé des éléments secondaires de l'appareil tégumentaire de la racine que pour les énumérer et indiquer quelles assises primaires sont susceptibles de leur donner naissance. J'ai omis à dessein de déterminer les conditions dans lesquelles ils se produisent, et les variations auxquelles ils sont soumis, parce que cette étude doit être faite dans la série des plantes ; elle est en effet inséparable de l'examen des différences que présente le système vasculaire suivant qu'on le considère chez les Cryptogames, les Monocotylédones, les Gymnospermes ou les divers groupes des Dicotylédones angiospermes.

En passant en revue les principaux représentants de ces divisions, je devrai donc non seulement décrire les formations tégumentaires secondaires de leurs racines, mais aussi la façon dont se comportent, soit qu'elles entrent en activité, soit qu'elles demeurent stériles, les diverses assises primaires que j'ai signalées plus haut comme capables d'engendrer dans certains cas des tissus secondaires.

PREMIÈRE SECTION : CRYPTOGAMES VASCULAIRES.

J'ai peu de chose à ajouter à ce que l'on sait de la structure de la racine chez les Cryptogames vasculaires, ces plantes ayant été l'objet de recherches approfondies de la part de botanistes tels que MM. Caspary, Nægeli, Trécul et Ph. Van Tieghem.

L'organisation du système tégumentaire radical de ces végétaux étant aujourd'hui bien connue, je me suis efforcé d'en suivre le développement et d'observer les modifications d'origine secondaire qu'y introduisent les progrès de l'âge.

FOUGÈRES. — Chez les Fougères, la membrane périphérique du cylindre central est bien développée ; souvent même elle se compose de plusieurs assises vers les bords des faisceaux libériens.

Les cellules rhizogènes appartiennent à l'endoderme ou dernière assise de l'écorce, caractérisée par les plissements très nets de ses faces radiales. En faisant des coupes horizontales à des niveaux de plus en plus élevés sur une même racine, j'ai constaté que :

1° Dans les parties jeunes la membrane périphérique du cylindre central et toutes les cellules de l'écorce, y compris l'endoderme, sont pourvues de parois minces.

2° Par les progrès de l'âge, les cellules de la membrane périphérique et de l'écorce épaississent leurs parois. Cet épaississement se produit sur la paroi tangentielle interne, les parois radiales et les parois transversales des cellules, après la formation des radicelles. Il commence par la membrane périphérique du cylindre central et l'endoderme, puis progresse très rapidement dans le sens centrifuge jusqu'à la région moyenne du tégument. A partir de cette limite, il ne se poursuit qu'avec une extrême lenteur. Chez le *Lastræa filix-mas* vers le milieu de la première période de l'épaississement, on peut voir qu'il s'étend suivant la direction centrifuge; il est surtout accentué au-dessus des deux faisceaux libériens;

les cellules rhizogènes de l'endoderme qui sont situées en regard des premiers vaisseaux ligneux ne s'épaississent que plus tard, après avoir engendré les radicelles; de même les assises cellulaires qui les recouvrent ne s'épaississent qu'après le passage des radicelles à travers l'écorce, ou bien, si elles se sont épaissies, la production de radicelles n'a plus lieu.

Dans l'écorce du *Lastrœa Filix-mas*, on remarque deux zones : l'interne, composée de cellules arrondies à leurs angles et disposées en files radiales ; l'externe, constituée par de grandes cellules alternantes ; ces zones se développent toutes les deux dans le sens centripète : l'épaississement, dès qu'il a commencé par la région interne, ne s'en continue pas moins en direction centrifuge dans la région externe. Il est tellement rapide dans la région interne, que tandis que les cellules de la région externe ont encore des parois minces, les cavités cellulaires des éléments de l'endoderme et des assises recouvrantes n'existent pour ainsi dire plus.

J'ai observé ces phénomènes sur les espèces suivantes : *Aspidium violascens*, *Lastrœa Filix-mas*, *Pteris arguta*, *Struthiopteris germanica*, *Scolopendrium officinarum*, *Angiopteris evecta*.

Cette dernière espèce, si remarquable par ses canaux à gomme et ses cellules à tannin, a été très soigneusement décrite par M. Van Tieghem (1). J'ajouterai seulement que dans les parties âgées de racines demeurées assez grêles, toutes les assises cellulaires de l'écorce subissent un notable épaississement : souvent la zone externe présente une extraordinaire irrégularité dans la disposition de ses cellules. Ces cellules sont toujours plus étendues dans le sens longitudinal que dans le sens transversal.

L'assise pilifère se cutinise peu au-dessus de la *coiffe* lorsque la racine possède dès le début un fort diamètre. La *coiffe*, longue d'environ 3 millimètres, se subérifie complètement.

---

(1) Mém. sur la racine, *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XIII, pp. 70 et suiv.

Cette modification chimique atteint bientôt l'assise pilifère, qui, si la racine est suffisamment grosse, s'exfolie rapidement. Dès lors les assises sous-jacentes, se cloisonnant régulièrement en direction tangentielle, engendrent un anneau de liège centripète autour de la racine.

Je n'ai jamais observé de liège dans les racines grêles des fougères ci-dessus mentionnées ; j'en ai toujours observé dans les *grosses* racines de l'*Angiopteris evecta*. Ce liège se forme à la périphérie du parenchyme cortical.

Équisétacées. — Les racines des Équisétacées sont très petites, ces plantes étant pourvues d'un long rhizome.

M. Ph. Van Tieghem a décrit (1) d'une façon très précise la structure de la racine de l'*Equisetum arvense*.

J'ai constaté une organisation semblable chez l'*Equisetum Telmateya*, qui diffère de l'*E. arvense* par quelques particularités de l'appareil tégumentaire. Le dessin que j'en donne (fig. 30) fait voir que l'assise à cloisons radiales plissées a ses cellules en parfaite concordance anatomique avec les deux assises qui la limitent, l'une à l'extérieur, l'autre à l'intérieur. Les vaisseaux ligneux s'appuient immédiatement contre cette dernière membrane, ce qui rend indubitable l'absence d'une membrane périphérique.

Chez l'*E. Telmateya* les caractères de la zone interne du parenchyme cortical sont les mêmes que chez l'*E. arvense*, cette zone étant formée de grandes cellules régulièrement disposées en séries radiales et en séries longitudinales, qui laissent entre elles des méats quadrangulaires.

Quant à la zone externe, M. Van Tieghem en a représenté les éléments chez l'*E. arvense* comme pourvus de minces parois et réduits à deux ou trois assises très régulièrement alternantes, l'externe étant pilifère. Au contraire, chez l'*E. Telmateya*, cette zone acquiert une importance plus considérable : d'une assise à l'autre, les cellules y alternent bien, mais avec moins de régularité, quelques-unes présentant des divisions tangentielles qui leur donnent le caractère de cellules subéreuses. En outre, les parois de l'assise pilifère et de la première assise du parenchyme cortical sont plus épaisses que celles des autres assises et fortement brunies ; cette coloration rend difficile la détermination de leur nature chimique. Je crois cependant pouvoir dire qu'elles sont subérifiées, du moins à en juger par les réactions qu'elles manifestent quand on les traite, soit par la potasse, soit par l'acide azotique, soit enfin par le chloroiodure de zinc.

---

(1) Mémoire sur la racine, *Ann.*, *sc. nat.*, 5e série, t. XIII, p. 77.

Les cellules à cloisons tangentielles et sans méats que je viens de signaler dans la seconde ou la troisième assise du parenchyme cortical sont ordinairement rangées sur la même circonférence dans les parties les plus âgées de la racine (fig. 30, 33) ; elles n'y constituent qu'un anneau çà et là interrompu, et ce n'est que par places isolées qu'elles forment deux ou trois assises. Elles ne représentent donc véritablement qu'un liège rudimentaire.

Bien que les racines des *Equisctum* aient de très faibles dimensions, il arrive cependant que dans leurs parties les plus âgées le parenchyme cortical se déchire et laisse ainsi des lacunes entre ses éléments.

Dans la tige ou le rhizome, les lacunes du parenchyme cortical sont beaucoup plus considérables et d'une parfaite régularité. On voit aussi que les cellules hypodermiques qui renforcent l'épiderme dans la tige n'existent point dans la racine.

MARSILÉACÉES. — J'ai à répéter pour les Marsiléacées ce que j'ai dit de l'épaississement des parois cellulaires chez les Fougères. Voici dans quelles conditions il s'opère chez le *Marsilea quadrifolia* (fig. 28, 31, 39).

A l'extérieur se trouve une assise pilifère composée de petites cellules dont quelques-unes se prolongent en poils. Au-dessous, la zone corticale externe est réduite à une seule assise de grandes cellules. La zone interne se compose de plusieurs assises de grandes cellules amylifères qui laissent entre elles des méats quadrangulaires, et dont les dimensions diminuent de dehors en dedans. La plus interne de ces assises corticales est l'endoderme : c'est d'elle que procèdent toutes les autres par voie centripète. Le dédoublement successif de cette membrane est très régulier. La figure 28 en représente un exemple bien net.

C'est l'endoderme qui contient les cellules rhizogènes ; la membrane périphérique du cylindre central et l'endoderme ne s'épaississent qu'à la suite de la formation des radicelles. L'épaississement porte sur les parois tangentielle-interne, radiale, transversale, de chaque cellule dans la zone moyenne de l'écorce. On peut en suivre le progrès sur les figures 28, 31, et 39. Cet épaississement se poursuit dans le sens centrifuge.

Les racines de *Marsilea quadrifolia* sont toujours grêles ; je n'y ai jamais observé de liège.

Lycopodiacées. — Le système tégumentaire des Lycopodiacées a été maintes fois décrit par de sagaces observateurs ; l'épaisseur des parois des cellules qui le constituent augmente à mesure que ces cellules se rapprochent de la périphérie. C'est surtout à leurs angles que ces cellules sont épaissies : elles offrent sous ce rapport le caractère d'un collenchyme peu prononcé.

RÉSUMÉ

Le rapide exposé qui précède montre que les cellules de la zone interne du parenchyme cortical de la racine des Cryptogames vasculaires tendent généralement à s'épaissir ; cet épaississement commence par la dernière ou l'avant-dernière assise corticale ou même par la membrane périphérique du cylindre central et s'étend en direction centrifuge : il a lieu en regard des faisceaux libériens avant de se produire en regard des faisceaux ligneux, les cellules rhizogènes situées au-devant de ces derniers faisceaux et les éléments parenchymateux voisins conservant assez longtemps des parois minces.

Il faut aussi retenir des travaux de M. Van Tieghem sur les Cryptogames vasculaires, et de l'examen précédent, que chez ces plantes le liège procède de l'une des assises externes du parenchyme cortical. Or ne connaît point d'exemple de tissu secondaire issu soit de l'endoderme, soit de la membrane périphérique du cylindre central chez les Cryptogames vasculaires.

DEUXIÈME SECTION : MONOCOTYLÉDONES.

Chez les Monocotylédones, le système vasculaire étant purement primaire, le cylindre central ne subit point d'extension et l'écorce n'est pas exfoliée. Aussi peut-elle être le siège de formations secondaires que je décrirai après avoir exposé la constitution de l'assise périphérique du cylindre central et de l'endoderme, ces assises revêtant des caractères particuliers chez les végétaux de cet embranchement.

CHAPITRE Ier. — ASSISE PÉRIPHÉRIQUE ET ENDODERME.

L'assise périphérique du cylindre central contient les cellules rhizogènes chez les Monocotylédones ; elle est ordinairement continue. Chez les Graminées cependant elle n'existe souvent qu'en regard des faisceaux libériens, les faisceaux ligneux étant directement recouverts par l'endoderme. C'est donc en regard des éléments libériens que les radicelles se développent chez ces Graminées; au contraire, chez les autres Monocotylédones qui ont été étudiées sous ce rapport, les cellules rhizogènes sont toujours situées au-devant des faisceaux ligneux.

La membrane périphérique fait quelquefois défaut dans les radicelles extrêmement grêles : c'est ce que l'on remarque chez les Pontédériacées (ex. : *Pontederia crassipes*).

Cette membrane reste ordinairement simple ; toutefois, au niveau de l'insertion des radicelles, il arrive que les cellules voisines des éléments générateurs se multiplient par voie de cloisonnement tangentiel, de façon à permettre au cylindre central de s'élargir en cette région.

Chez le *Monstera repens* la membrane périphérique est souvent séparée des faisceaux par deux ou même trois assises cellulaires alternes. Chez quelques plantes, les *Smilax*, le *S. Sarsaparilla*, et notamment le *S. excelsa*, elle est séparée du système vasculaire par un certain nombre d'assises conjonctives dont les cellules sont en concordance avec les siennes ; en suivant le développement de la racine, j'ai constaté que l'existence de ces assises est antérieure à l'apparition de faisceaux (fig. 34) et à la différenciation de l'endoderme ; je ne me crois donc pas autorisé à dire que la membrane périphérique se divise après avoir acquis sa constitution d'assise rhizogène.

Les cellules des assises multiples qui recouvrent les faisceaux chez le *Smilax excelsa* s'épaississent considérablement et se canaliculisent (fig. 27). Le manchon protecteur qu'elles forment autour du système vasculaire constitue donc une zone trèsimportante de l'appareil tégumentaire.

L'épaississement des éléments de la membrane périphérique est, dans tous les cas où je l'ai observé, concomitant de l'épaississement des cellules endodermiques. En général, ces cellules sont plus grandes que celles de la membrane périphérique : ex. : *Oporanthus luteus* (fig. 38), *Phœnix* du Zanzibar, *Iris germanica*, (fig. 41), *Pontederia crassipes* (fig. 23), *Lilium superbum* (fig. 32).

Plus encore que ces dernières, elles tendent à épaissir leurs parois. Aussi, tandis que chez les *Typha* les éléments de l'assise périphérique sont pourvues de minces parois, les cellules de l'endoderme sont au contraire fortement épaissies sur leurs faces radiales, leur face tangentielle interne, qui est convexe, et leur face transversale. Chacune d'elles, vue sur une coupe transversale, présente par suite la forme d'un petit fer à cheval dans les parties suffisamment âgées, ainsi que le montre la figure 25. Chez plusieurs Palmiers, tels que le *Caryota urens* (fig. 37), la membrane périphérique restant mince, l'endoderme se compose d'éléments tabulaires dont la paroi tangentielle externe est la seule qui ne s'épaississe pas. Les autres faces sont non seulement épaissies, mais aussi subérifiées, ainsi que je l'ai reconnu par l'emploi des réactifs ordinaires. Il en est de même chez beaucoup de Liliacées : ainsi dans la racine du *Lilium superbum* (fig. 32) les parois de l'assise périphérique restent minces, pendant que toutes les cellules cubiques de l'endoderme s'épaississent uniformément à mesure qu'elles vieillissent. Chez d'autres Liliacées, l'épaississement porte sur toutes les faces, excepté sur la face tangentielle externe; or, comme la paroi tangentielle interne est convexe en dehors, la cellule offre sur les coupes transversales l'apparence d'un fer à cheval ; c'est ce qu'on voit chez le *Phalangium humile* (fig. 45). Chez les Smilacées, l'endoderme affecte cette forme de fer à cheval à parois énormément épaissies (ex. : *Smilax Sarsaparilla* (fig. 36), avant que les cellules de l'assise périphérique du cylindre central se soient elles-mêmes épaissies. Cette disposition est non moins évidente chez les Iridées, ex. : *Iris germanica* (fig. 41).

J'ai dit que chez les *Smilax* et particulièrement le *S. excelsa* les assises du cylindre central qui entourent les faisceaux subissent un très fort épaississement. Il en est de même des éléments endodermiques de cette plante (fig. 27). Ce sont de très grandes cellules, allongées dans le sens du rayon ; en s'épaississant elles prennent chacune la forme d'un fer à cheval ; puis, par les progrès de l'âge, leur paroi tangentielle externe s'épaissit aussi, de sorte que leur cavité intérieure primitivement remplie de protoplasma se rétrécit de plus en plus et finit par ne plus constituer qu'un très petit espace d'où toute matière protoplasmique disparaît. Les cellules manifestent alors dans leur totalité les réactions chimiques de la cutine.

Les parois de ces éléments épaissis présentent une stratification très remarquable : en employant un grossissement de cinq à six cents diamètres, on y distingue nettement une série de lamelles concentriques traversées par des canalicules rayonnants (fig. 27).

De semblables canalicules s'observent dans les cellules endodermiques des *Ruscus*, du *Smilax Sarsaparilla*, des *Iris*, et en général dans les cellules en fer à cheval. Ils y sont ordinairement rectilignes et uniformément distribués.

Au contraire, chez le *Smilax excelsa*, chez lequel les cellules endodermiques atteignent des dimensions énormes, les canalicules sont surtout localisés dans la région interne de ces cellules et, au lieu d'y être rectilignes, ils affectent la forme d'arcs de grands cercles excentriques. Ils communiquent avec ceux que j'ai décrits dans la membrane périphérique et les assises sous-jascentes chez le *Smilax excelsa*.

En opposition à ces exemples, on peut citer un certain nombre d'espèces monocotylédones chez lesquelles l'endoderme, à moins d'être très âgé, conserve des parois relativement peu épaisses dans toute son étendue. Ces espèces appartiennent à différentes familles monocotylédones : tels sont, parmi les Liliacés vraies, les Asphodèles et les Dracæna; parmi les Asparaginées, l'*Asparagus officinalis;* parmi les Amaryllidées, l'*Oporanthus luteus* (fig. 38) et les *Imantophyllum*; les Pandanées en général (fig. 54); parmi les Palmiers, les *Phœnix;* parmi les Musacées, le *Strelitzia augusta;* parmi les Aroïdées, les *Raphidophora*, les *Monstera*, le *Calla palustris* (fig. 19) ; parmi les Pontédériacées, le *Pontederia crassipes* (fig. 23); etc. Chez ces plantes, l'assise périphérique du cylindre central se compose uniquement de cellules à parois minces.

Nombreuses aussi sont les espèces chez lesquelles l'endoderme et la membrane périphérique s'épaississent simultanément. Dans ce cas, fréquent, d'après mes observations, chez les espèces à racines aériennes, l'épaississement n'est généralement pas complet. Ainsi, lorsqu'on fait une coupe transversale d'une forte racine de *Vanilla planifolia* on remarque dans l'endoderme et la membrane sous-jacente une alternance rès régulière d'arcs de cellules épaisses et d'arcs de cellules à parois minces. Les arcs épais de l'endoderme sont superposés aux arcs épaissis de l'assise périphérique; ces arcs sont situés en regard des faisceaux libériens, lesquels se trouvent ainsi protégés à l'extérieur, tandis qu'ils le sont à l'intérieur et sur les côtés par la fibrification du tissu conjonctif environnant. On conçoit que les arcs à parois minces soient ceux qui recouvrent les faisceaux ligneux, puisque c'est en regard de ces faisceaux que se forment et se développent les radicelles.

J'ai surtout mis cette disposition en évidence en traitant les coupes transversales par une solution moitié alcoolique moitié aqueuse de fuchsine : toute la préparation s'imprègne de matière colorante : si je la plonge alors dans l'alcool absolu, la fuchsine déposée sur les membranes cellulosiques s'y dissout, tandis que celle qui imprègne les parois subérifiées continue à les colorer en rouge. On voit très nettement ainsi que les faisceaux libériens de *Vanilla* sont protégés à l'extérieur par deux assises de cellules épaissies et véritablement cutinisées. Au-dessus du liber, les cellules de la membrane périphérique sont arrondies et uniformément épaissies ; tandis que seule la paroi tangentielle interne des cellules endodermiques qui les recouvre est fortement épaissie et cutinisée ; les autres faces de ces cellules demeurent longtemps minces ; c'est seulement dans les parties très âgées que leurs parois radiales et leur paroi transversale subissent un notable épaississement. La paroi tangentielle externe demeure mince et cellulosique.

Les *Vanda* présentent une organisation comparable à celle que je viens de décrire ; chez les *Epidendron* (fig. 12) il y a bien une alternance régulière d'arcs épais et d'arcs minces comme chez la Vanille, mais avec cette différence que les arcs épaissis sont de beaucoup les plus considérables et que les cellules épaissies de l'endoderme le sont uniformément sur toutes leurs faces.

J'ai constaté une disposition analogue chez les *Anthurium* (fig.21) ; seulement, chez ces plantes, ce sont les arcs minces qui sont les plus étendus.

Chez les *Philodendron* (fig. 35), l'alternance des deux sortes d'arcs est surtout sensible dans les racines dont tous les vaisseaux ligneux ne sont pas encore complètement développés, parce que dans les parties plus âgées les cellules de l'assise périphérique et celles de l'endoderme qui sont situées en regard des faisceaux ligneux s'épaississent eux-mêmes.

On voit donc que *chez les Monocotylédones, l'endoderme et la membrane périphérique du cylindre central sont susceptibles d'épaississement, ces assises n'étant point génératrices de tissus secondaires, lorsqu'elles ont acquis leurs caractères propres. L'épaississement a surtout pour but de protéger les faisceaux libériens.* Les cellules rhizogènes qui, souvent chez les Graminées, sont situées au-dessus des premiers vaisseaux ligneux, conservent généralement des parois minces, ou, si elles s'épaississent, ce n'est du moins qu'en perdant leurs propriétés génésiques.

CHAPITRE II. — TISSUS SECONDAIRES DU TÉGUMENT.

Le liège (avec ou sans périderme), le subéroïde et le sclérenchyme (1) sont les seuls tissus secondaires dont j'aie constaté la formation dans l'appareil tégumentaire des racines chez les Monocotylédones.

C'est toujours dans la zone externe du parenchyme cortical primaire que je les ai vus se produire.

§ 1. — Liège.

Il était intéressant de déterminer la position de l'assise parenchymateuse génératrice du liège, la forme des cellules subéreuses, le sens suivant lequel elles se produisent et le niveau auquel elles apparaissent. Pour y arriver, j'ai étudié les racines des principaux représentants des divers groupes de Monocotylédones et, dans chaque famille, j'ai surtout porté mon attention sur les espèces qui diffèrent le plus par le genre de vie ; enfin, pour chacune de ces espèces, j'ai voulu examiner les racines aux divers stades de leur développement et à des états qui différassent le plus possible l'un de l'autre.

Cette méthode m'a permis de reconnaître les faits suivants

A. *Position du phellogène.* — La position de l'assise parenchymateuse génératrice du liège varie selon les espèces. C'est fréquemment la membrane épidermoïdale qui se divise pour engendrer le suber : exemple : *Monstera repens* (fig. 44); mais, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer (1), dans bien des cas cette assise et celle qu'elle recouvre ont leurs parois cutinisées, et c'est seulement la troisième ou la quatrième assise, située au-dessous de la membrane pilifère, qui donne naissance aux éléments secondaires : il en est ordinairement ainsi dans la racine des Iris (fig. 40 et 43), des Asphodèles (fig. 46 et 49), des *Philodendron* (fig. 47 et 48), *Scindapsus*, *Raphidophora*, etc.

---

(1) J'ai montré qu'il existe aussi un sclérenchyme primaire ; 1^re^ partie, 1^re^ section, chap. IV, § 2.

Enfin, lorsque la racine est pourvue d'un voile, ce voile, comme je l'ai constaté au chap. I (1re partie), est toujours le résultat d'une division très précoce de la membrane pilifère; et alors, ou il ne se forme pas de liège, — cas fréquent chez les Vandées et les Épidendrées; — ou, s'il s'en produit, c'est seulement dans la première assise parenchymateuse recouverte par la membrane *épidermoïdale* que je l'ai observé (exemple : *Imantophyllum*, fig. 50).

Cet examen, qui a porté sur environ 50 espèces appartenant à 25 genres différents, me conduit à conclure que

L'assise génératrice du liège est généralement la plus extérieure des assises parenchymateuses dont les parois sont restées minces et cellulosiques.

Il convient cependant d'ajouter que parfois les assises sous-jacentes deviennent simultanément génératrices d'éléments subéreux. Les files radiales que ces éléments constituent se trouvent donc çà et là interrompues, comme je l'ai quelquefois observé chez le *Caryota urens*. Ce phénomène est d'ailleurs assez rare et n'offre point de constance chez la même espèce.

Enfin, le rang de l'assise phellogène varie chez la même espèce selon le niveau où se forme le liège, parce que, comme je l'expliquerai plus loin, les assises externes du parenchyme cortical peuvent se trouver ou cutinisées ou exfoliées, suivant le diamètre transversal de la racine.

B. *Forme des cellules subéreuses.* — M. Rauwenhoff, qui a beaucoup étudié les cellules subéreuses dans la tige des Dicotylédones (1), en distingue de deux formes : les cellules *cubiques* et les cellules *tabulaires*.

---

(1) 1re partie, sect. 1, chap. II, § 1.

J'adopte volontiers ces deux types souvent bien caractérisés, mais je dois faire remarquer qu'ils sont reliés par une multitude de transitions.

La forme à peu près cubique est celle du plus grand nombre des cellules subéreuses chez les Monocotylédones. Cependant ces cellules sont en général un peu plus grandes dans le sens longitudinal que dans le sens transversal. La section transversale de chaque cellule est rectangulaire ; sur la section longitudinale tangentielle les parois transverses sont un peu obliques.

En général, tant que les parois de ces cellules sont minces, elles sont blanches (exemple : Asphodèles). Elles jaunissent lorsqu'elles sont épaisses : (exemples : *Raphidophora*, *Philodendron*).

Les cellules cubiques constituent ordinairement un manchon de plusieurs assises superposées, exemple : *Raphidophora*, *Asphodelus*. Au contraire, les *cellules tabulaires* ne forment guère que des assises isolées, séparées par plusieurs couches de cellules cubiques très épaissies formant un véritable périderme ; leurs parois sont presque toujours colorées en jaune ou en brun : exemple : périderme du *Scindapsus pertusus* (fig. 51).

C. *Sens de la formation des cellules subéreuses.* — M. Sanio (2) distingue cinq sens suivant lesquels le liège peut se former dans les tiges :

Sens.........	centripète..............	simple.
		intermédiaire.
	centrifuge..............	simple.
		réciproque.
		intermédiaire.

---

(1) Observations sur les caractères et la formation du liège dans les Dicotylédones, *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XII, pp. 351-354, 1869.

(2) *Loc. cit.*

La formation est *centripète simple* lorsque la cellule fille se partage en deux autres cellules, dont l'inférieure reste seule génératrice, et ainsi de suite.

Dans le cas de la formation *centrifuge simple*, c'est la cellule recouverte qui se subérifie, et la dernière cellule externe qui demeure génératrice.

Il est toujours facile de distinguer ces deux modes. Dans le premier, la grandeur des cellules subéreuses en voie de formation diminue à mesure que l'on se rapproche du grand axe de l'organe. On conçoit, en effet, que les parois tangentielles soient d'autant moins éloignées les unes des autres que les cellules sont plus jeunes, puisque, ainsi que je l'ai dit plus haut, les cellules jeunes sont seules génératrices. Il en résulte aussi que l'épaisseur des parois cellulaires augmente en raison même de la distance qui les sépare de la région active.

C'est exactement le contraire que l'on remarque dans le mode centrifuge simple.

Quant aux modes *centripète intermédiaire*, *centrifuge réciproque*, *centrifuge intermédiaire*, distingués par M. Sanio, d'après la façon dont se comportent les deux cellules filles lorsqu'elles sont toutes deux génératrices, mais à des degrés divers, M. Rauwenhoff les néglige, en faisant remarquer (1) :

1° Qu'il est le plus souvent impossible de les déterminer exactement ;

2° Qu'ils n'ont qu'une très médiocre valeur, puisqu'ils peuvent varier chez la même espèce, ou, qui plus est, suivant les saisons, chez la même plante : dans la tige du *Viburnum opulus*, par exemple.

La critique de M. Rauwenhoff est, d'après mes observations, applicable au liège des racines : elle me paraît néanmoins un peu trop générale. J'ai constaté, en effet, que dans bien des cas la formation centripète simple et la formation centripète intermédiaire sont chacune très nettes. J'ai fréquemment trouvé chez le *Raphidophora pinnata* un exemple de la première et reconnu la seconde dans les racines des Asphodèles qui ne comptaient qu'un très petit nombre d'assises subéreuses (fig. 49). Mais je dois dire qu'il est rare de rencontrer l'un de ces modes isolé et pur de tout mélange dans la racine des Monocotylédones. Le plus souvent, au contraire, ils se combinent, et ce d'une façon irrégulière; c'est-à-dire que la même formation subéreuse présente des alternances variables d'accroissement centripète intermédiaire et d'accroissement dans la direction simplement centripète.

---

(1) Rauwenhoff, *loc. cit.*

Comme exemple de ce mode composé, que je désignerai sous le nom de *centripète irrégulier*, je puis citer le liège qui se forme dans le parenchyme cortical des tubercules de l'*Asphodelus albus* (fig. 46). Ce tissu y est d'abord centripète intermédiaire, puis il progresse dans la direction centripète simple; après quoi reparaît le sens centripète intermédiaire, le nombre des assises subéreuses formé suivant chacun de ces deux modes pouvant varier considérablement.

Il est vrai que les racines d'une même espèce n'offrent pas toujours uniformément l'un des trois modes dont je viens de parler, mais tantôt l'un, tantôt l'autre. C'est ainsi que sur des coupes différentes relatives au *Raphidophora pinnata*, on voit, dans le premier cas, un liège centripète simple; dans le second, un liége centripète intermédiaire, qui se continue d'ordinaire dans la direction que j'ai appelée centripète irrégulière.

Ce mode est celui que présentent la plupart des Iridées (fig. 40, 43), des Liliacées, des Amaryllidées (ex.: *Imantophyllum*, fig. 50), et des Aroïdées. Chez les *Philodendron*, la formation subéreuse débute dans le sens centripète-simple (fig. 47, 48), mais elle devient ensuite centripète irrégulière.

D. *Niveau de la formation du liège.* — Il est rare que l'assise génératrice du liège commence à engendrer ce tissu au même moment sur toute son étendue. Le plus souvent cette formation est locale et s'étend circulairement sur chacun des côtés de la région où elle a débuté, de façon à constituer enfin un cercle générateur complet.

Il peut même arriver, lorsque la racine est grêle, que le liège y reste localisé dans une seule région. Il en est souvent ainsi chez l'*Iris germanica*.

Mais dans la plupart des cas, lorsqu'on constate l'existence du liège dans la racine d'une plante monocotylédone, c'est sous forme d'un manchon périphérique et continu qu'on l'y observe.

Cet anneau de liège se produit dans le parenchyme cortical. tantôt à une petite, tantôt à une grande distance de la coiffe. Je me suis souvent demandé à quelle cause devaient être attribuées les variations considérables que j'observais sous ce rapport ; et ce n'est qu'après m'être livré à une analyse très minutieuse que je suis parvenu à distinguer ces trois sortes d'influences : la nature du végétal, c'est-à-dire l'espèce à laquelle il appartient, le diamètre transversal de la racine, et le milieu physique où elle vit.

Pour mettre en lumière la première de ces influences il suffit de comparer entre elles des racines terrestres de même grosseur appartenant à des espèces différentes, telles que : *Æchmœa Ludmanni*, *Iris germanica*, *Oporanthus luteus*, *Agave glauca*, *Smilax excelsa*, *S. Sarsaparilla*, *Ruscus aculeatus*, *Asphodelus albus* et *Lilium superbum*. Si l'on fait une coupe transversale d'une racine grêle d'*Asphodelus albus* au niveau où le liège commence à se former, on reconnaît que les coupes de même diamètre et de même niveau faites sur les autres espèces ne présentent aucune trace de production subéreuse. De même, sauf dans l'Asphodèle, les coupes d'égal diamètre faites au niveau où apparaissent chez l'*Iris germanica* et le *Lilium superbum* les premiers éléments du liège, n'offrent pas chez les autres espèces une cellule de ce tissu.

Je n'en ai même jamais rencontré dans les racines de l'*Oporanthus luteus*, qui restent toujours grêles, alors que j'en trouvais de très bien développées dans des racines de grosseur identique appartenant à d'autres espèces de Monocotylédones. L'influence de la nature de la plante est donc évidente. On peut à ce sujet multiplier les exemples, faire porter l'observation sur les racines aériennes : le résultat est le même dans tous les cas.

D'autre part, chaque fois que, considérant une série d'espèces, j'ai comparé entre elles les racines aériennes et les racines terrestres d'un même végétal, c'est toujours à égalité de diamètre sur les premières que j'ai trouvé le liège plus précoce et plus abondant. Je dois cependant dire que la grandeur de cette différence n'est pas constante : quelquefois même elle est peu sensible. J'ai souvent remarqué une alternance assez régulière de zones *péridermiques* (fig. 51) dans le liège des racines aériennes. Je n'en ai point trouvé dans les racines terrestres des Monocotylédones. C'est surtout sur les Aroïdées des serres du Muséum (*Philodendron hastatum*, *micans*, *Houlletianum*, *Rudgeanum*, *crinipes* et *lacerum* ; plusieurs *Tornelia*, *Raphidophora* et *Scindapsus*) que j'ai fait ces observations.

Celle qui suit me paraît décisive. J'ai dit que l'*Imantophyllum miniatum* possède des racines adventives qui, après avoir poussé dans l'air, continuent à grandir en s'enfonçant dans le sol ; j'ai de plus fait remarquer que ces racines sont pourvues d'un voile et que le liège quand il existe dans ces racines dérive de la première assise parenchymateuse recouverte par la membrane épidermoïdale, sous-jacente au voile. Or, lorsque sur un tronçon de racine ayant à peu près partout le même diamètre je constatais la formation d'un manchon subéreux au-dessous de l'assise épidermoïdale dans la région aérienne de ce tronçon (fig. 50), la région souterraine en était au contraire complètement dépourvue. Je n'en ai même jamais trouvé dans la portion terrestre des grosses racines d'*Imantophyllum*, tandis que les parties aériennes de même diamètre en présentaient, et en abondance. Peut-être en eussé-je découvert jusque dans la région souterraine, si j'avais pu disposer des plus grands individus cultivés au Muséum, l'influence du diamètre étant, comme je vais le montrer bientôt, considérable. Quoi qu'il en puisse être à cet égard, le fait que je viens de citer témoigne de la tendance du liège à se mieux développer dans l'air que dans le sol. Le voile lui-même accuse plus nettement les réactions chimiques du suber quand il appartient à la région aérienne que lorsqu'il est enfoncé en terre (1).

Enfin, si aux parties aériennes des grosses racines d'*Imantophyllum* où le liège commence à se former on compare les parties également aériennes des racines grêles de la même plante, on ne trouve pas de tissu subéreux dans ces dernières.

Les faits de ce genre offrent une grande généralité chez les Monocotylédones ; on en jugera par les exemples ci-après.

En suivant le développement des racines aériennes du *Scindapsus pertusus*, on reconnaît que sur les racines grêles, si longues soient-elles, l'assise pilifère subsiste ; au-dessous d'elle on ne trouve pas de liège. Au contraire, dès que la racine acquiert une forte dimension transversale, la membrane épidermoïdale se cutinise fortement et l'assise sous-jacente subit, environ vers un demi-centimètre au-dessus de la coiffe, une série de divisions tangentielles qui donnent naissance à un manchon continu de liège ; si la racine s'allonge, ce manchon s'allonge également, et ainsi, la membrane pilifère s'exfoliant tandis que le liège se forme, c'est ce dernier tissu qui protège le membre à l'extérieur.

Lorsque sur la même racine on fait une coupe transversale à un niveau supérieur à celui où elle a commencé à organiser du liège, il peut bien arriver que l'on n'en découvre pas, mais qu'au contraire on y rencontre une assise pilifère et une membrane épidermoïdale parfaitement intactes.

Si cette partie, qui peut être très éloignée du sommet, s'épaissit suffisamment dans le sens transversal, l'assise pilifère, incapable de se prêter à l'extension des tissus, meurt et tombe.

La membrane épidermoïdale fait alors pendant quelque temps fonction d'épiderme, puis elle finit par s'exfolier. Cependant l'assise qu'elle recouvre se cloisonne dans le sens tangentiel et engendre ainsi une épaisse zone subéreuse entremêlée de périderme (fig. 51).

---

(1) 1^{re} partie, sect. I, chap. I, § 2.

La racine du *Scindapsus pertusus* présente donc deux lièges, dont l'un se forme, si la racine est suffisamment épaisse, tout près de la coiffe, et l'autre à une distance quelconque du sommet, lorsque la racine, restée longtemps grêle, vient à s'épaissir considérablement.

Ces phénomènes ne sont pas particuliers à l'espèce dont je viens de parler ; ils sont très fréquents chez les Monocotylédones. Je les ai suivis chez le *Scindapsus*, les *Raphidophora angustifolia* et *pinnata*, le *Tornelia fragrans*, les *Monstera Adansonii*, *repens*, *surinamensis* et *argyreia*. J'ai reconnu aussi que chez les Philodendrons les racines aériennes grêles peuvent acquérir une très grande longueur sans perdre pour cela leur membrane pilifère ni présenter du liège au-dessous ; tandis qu'elles organisent ce tissu à une très faible distance de leur sommet lorsque leur diamètre transversal est assez grand.

Il en est ainsi du reste dans les racines terrestres. L'épaisseur même du manchon subéreux y est subordonnée à la grosseur de la racine : ce dont il est facile de se convaincre en comparant les tubercules de l'*Asphodelus Europæus* aux radicelles de la même plante.

Cette influence du diamètre transversal explique pourquoi beaucoup d'espèces monocotylédones dont les racines sont toujours grêles ne présentent point de liège dans ces membres : c'est ainsi que je n'en ai jamais trouvé chez l'*Oporanthus luteus*, le *Festuca duriuscula*, le *Triticum vulgare*, le *Secale cereale*, l'*Hordeum murinum*, l'*Avena sativa*, et beaucoup d'autres plantes. Peut-être réussirait-on à découvrir du liège dans les racines de ces végétaux, si l'on en obtenait d'assez grosses.

§ 2. — Subéroïde.

Il existe entre le liège et le subéroïde dont j'ai ci-dessus défini les caractères (1) de nombreuses transitions. Mais, comme c'est le plus haut degré de différenciation auquel un

(1) 1re partie, sect. II, chap. I, § 2.

tissu puisse atteindre qui doit servir à le distinguer, je le décrirai d'abord chez l'*Asparagus officinalis.*

Chez cette espèce (fig. 52 et phot. 21) se trouve, entre la membrane pilifère et le parenchyme à parois minces et cellulosiques un tissu composé de grandes cellules dont les parois sont subérifiées et relativement épaisses. La plupart de ces cellules sont rangées en séries linéaires obliques, les cloisons qui les séparent d'une assise à l'autre étant perpendiculaires à la direction de chaque file; mais cette disposition est très irrégulière: les files obliques sont en effet souvent interrompues par la division de quelques cellules dans le sens radial ou dans un sens perpendiculaire à celui suivant lequel s'effectue le cloisonnement le plus fréquent.

La formation de ce tissu est très précoce; elle commence sous la coiffe-même. Aussi ai-je d'abord été tenté de le considérer comme représentant la partie périphérique de la zone externe du parenchyme cortical. Mais, en suivant le développement, en remarquant le parallélisme des cloisons de multiplication de la plupart de ses cellules, c'est au système des tissus subéreux que j'ai été conduit à le rattacher. J'ajouterai que l'association de ses éléments rappelle tout à fait celle du voile des Épidendrées, qui dérive, ainsi que je l'ai dit, d'une assise unique, la membrane pilifère : chez l'*Asparagus officinalis*, c'est de l'assise épidermoïdale que procède le subéroïde. Le *Typha latifolia* présente l'exemple d'un subéroïde très développé et tout à fait comparable à celui des *Asparagus* (fig. 25) (1).

Les cellules de ce tissu constituent, chez cette espèce, chacune un prisme droit à base hexagonale. Les coupes transversales successives, les coupes axiales et les coupes longitudinales-tangentielles montrent que les files obliques de ces prismes sont disposées, lorsqu'on les suit dans le sens de la longueur de la racine, suivant des spires parallèles. Ainsi le manchon de tissu subéroïde dont ce membre est entouré est comparable à la paroi d'un cylindre creux qui aurait été fortement tordu.

---

(1) Le rhizome du *Typha latifolia* offre un subéroïde du même genre, encore plus développé que dans la racine.

Le liège des Monocotylédones offre fréquemment une disposition analogue ; en effet, sur les coupes axiales et les coupes longitudinales-tangentielles, les parois transversales de ses éléments, toutes parallèles entre elles, sont le plus souvent obliques et non perpendiculaires au grand axe de la racine. Mais ce caractère est beaucoup plus prononcé dans le subéroïde que dans le vrai liège.

C'est chez le *Phœnix* du Zanzibar, le *Phœnix dactylifera*, et surtout le *Strelitzia augusta*, que j'ai trouvé le subéroïde qui se rapproche le plus du liège. Les cellules dont il est formé ont sur leur coupe transversale, qui est hexagonale, leur plus grande dimension dans le sens tangentiel ; elles sont courtes dans le sens radial. La figure 53 montre l'agencement de ces cellules chez le *Strelitzia augusta :* on voit qu'il diffère peu de celui des cellules du vrai liège. Il en est à peu près de même du subéroïde des Pandanées, par exemple du *Pandanus stenophyllus* (fig. 54).

Au contraire, chez le *Phalangium humile*, l'*Aletris fragrans*, les *Dracœna Draco*, *cœrulea*, *marginata*, *fruticosa* et *reflexa*, les cellules du subéroïde ont un tout autre caractère : sur les coupes transversales, leurs parois tangentielles externes sont très convexes au dehors, tandis que leurs parois radiales sont flexueuses et incurvées vers l'intérieur de la cellule.

Les parois radiales sont cependant plus rectilignes au début de la formation du subéroïde : ex. : *Dracœna Draco* (fig. 55).

Le sens de la formation du subéroïde varie selon les espèces: il est souvent très irrégulièrement centrifuge chez l'*Asparagus officinalis* et le *Dracœna Draco*, centripète chez le *Strelitzia augusta*, les *Phœnix* et les *Pandanus*.

Quant à l'épaisseur du manchon formé par ce tissu, je ne l'ai point trouvée sensiblement plus grande dans les racines aériennes que dans les racines souterraines. Les racines du *Phalangium humile* et de l'*Asparagus officinalis*, qui sont terrestres, sont pourvues d'une zone épaisse de subéroïde, ainsi que les racines adventives, aériennes ou terrestres des *Dracæna*, des *Aletris*, des *Pandanus*, des *Phœnix* et des *Strelitzia*.

La grandeur du diamètre de la racine paraît influer sur la formation du subéroïde comme elle fait sur celle du liège; mais cette action est moins puissante sur le subéroïde, qui est en général assez précoce. J'ai néanmoins constaté que le manchon de ce tissu est plus épais dans les grosses racines du *Dracæna Draco* et des *Pandanus stenophyllus* et *javanicus* que dans les racines grêles des mêmes espèces.

Ce phénomène est bien prononcé chez le *Strelitzia augusta*. Quand on fait une coupe transversale à moins d'un demi-millimètre de l'extrémité de la racine de cette plante, on voit que le liège n'y forme pas un anneau continu. Les places où il se produit constituent d'abord à la surface du membre des renflements (fig. 53) qui plus tard se relient de l'un à l'autre en s'étendant par le fait de la division de l'assise interne qui les engendre. Il en résulte que, dans les parties âgées de la racine, la périphérie du subéroïde ayant été exfoliée, ce tissu se présente sous la forme annulaire.

Chez la plupart des autres Monocotylédones dont les racines sont pourvues d'un subéroïde, ce tissu constitue presque dès le début un manchon continu. Ex. : fig. 54 et 52 du *Pandanus stenophyllus* et de l'*Asparagus officinalis*.

§ 3. — Sclérenchyme.

Le sclérenchyme se forme comme tissu secondaire dans le parenchyme cortical de la racine des Monocotylédones lorsque, l'accroissement diamétral exfoliant les membranes pilifère et épidermoïdale, ces racines ont besoin d'une énergique protection contre les agents extérieurs. Ainsi chez plusieurs Aroïdées, le *Philodendron Houlletianum* (fig. 47 et 48) par exemple, les premières cellules nées de la division des deux ou trois premières assises parenchymateuses à parois cellulosiques se sclérifient, tandis que les assises sous-jacentes donnent naissance à un liège à parois relativement minces. Ce liège se trouve ainsi recouvert sur toute sa périphérie d'un manchon complet de sclérenchyme. Les cellules de ce tissu sont grandes; leurs parois, considérablement épaissies, sont brillantes; elles sont pourvues de très minces canalicules rameux qui se correspondent l'un à l'autre.

Résumé.

En récapitulant les faits exposés dans ce chapitre, on voit que, chez les Monocotylédones que j'ai décrites, le système vasculaire restant primaire (1), le tégument primaire n'est pas exfolié; l'endoderme et la membrane périphérique du cylindre central sont dans la plupart des cas susceptibles d'épaississement, notamment en regard des faisceaux libériens; dès qu'ils sont spécialisés, ils ne donnent naissance à aucun tissu.

Les éléments tégumentaires secondaires, liège, périderme, subéroïde, sclérenchyme, procèdent de la zone externe du parenchyme cortical primaire. L'assise génératrice du liège, du périderme et du subéroïde est généralement la plus extérieure des assises parenchymateuses dont les parois sont restées minces et cellulosiques. Je n'ai jamais vu la membrane pilifère leur donner naissance.

La forme cubique est dans la plupart des cas celle des cellules subéreuses de la racine des Monocotylédones. Lorsque le liège est entouré de périderme, ses cellules sont généralement tabulaires.

Le sens le plus fréquent de la formation subéreuse est le mode que j'ai appelé *centripète-irrégulier* et qui est une combinaison du mode centripète-simple et du mode centripète-intermédiaire de M. Sanio.

---

(1) Sous ce rapport, il convient cependant d'excepter les *Dracæna Draco, marginata, fruticosa, reflexa,* et l'*Aletris fragrans,* dont la racine présente, d'après M. de Bary (*Handbuch der Physiol.*, 1877, p. 641) des formations vasculaires secondaires. Je regrette de n'avoir pu me procurer aux serres du Muséum des racines assez grosses de ces espèces; peut-être le sytème tégumentaire subit-il des modifications corrélatives du développement des vaisseaux secondaires. Les racines que l'Administration du Muséum a pu mettre à ma disposition ne présentaient dans leur cylindre central que l'organisation primaire.

Le niveau auquel se forme le liège et les caractères qu'il affecte varient suivant l'espèce à laquelle la racine appartient, le milieu où elle vit, et surtout le diamètre transversal qu'elle acquiert.

Le tissu *subéroïde* est aussi fréquent que le liège dans le parenchyme cortical des racines chez les Monocotylédones. Le sens suivant lequel il se produit varie selon les espèces. En général, il est très précoce. Aussi l'influence du diamètre est-elle moins apparente sur la formation de ce tissu que sur celle du liège. Sur les coupes transversales ses éléments constituent des files obliques qui, considérées dans la direction du grand axe du membre, décrivent chacune une spire continue.

Le sclérenchyme, rare comme tissu secondaire, se forme dans les assises externes du parenchyme cortical des racines de quelques espèces telles que les Philodendron, où il recouvre le liège.

Ainsi chez les Monocotylédones dont j'ai exposé l'organisation, les productions tégumentaires secondaires de la racine dérivent du parenchyme cortical primaire ; l'endoderme et la membrane périphérique du cylindre central ne contribuent pas à les former.

TROISIÈME SECTION. — GYMNOSPERMES.

Le système tégumentaire de la racine des Gymnospermes, les formations secondaires qui s'y développent en corrélation avec les vaisseaux secondaires du cylindre central, sont bien connus depuis la publication du mémoire de M. Ph. Van Tieghem sur la Racine (1).

Je ne reprends donc ce sujet que pour ajouter à ce que l'on sait déjà sur la matière quelques faits relatifs à la constitution de l'écorce primaire, aux modifications chimiques qu'elle subit et aux connexions originelles des premières cellules subéreuses chez les Conifères.

---

(1) *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIII, 1870.

Les espèces dont l'examen m'a paru le plus instructif, au point de vue de cette étude particulière, sont : *Sequoia sempervirens*, *Pinus halepensis*, *Taxus baccata*, *Biota orientalis*.

Chez le *Sequoia sempervirens*, la disposition des cellules du parenchyme cortical primaire est normale. Mais les parois radiales de l'endoderme et des deux ou trois premières assises qui le recouvrent sont considérablement épaissies, chaque paroi ayant une forme naviculaire, allongée dans le sens du rayon (fig. 57).

Les parois parallèles au sens tangentiel et la paroi transversale demeurent minces.

Les cellules de l'écorce primaire présentent des bandes d'épaississement irrégulières qui leur donnent quelquefois l'aspect de cellules spiralées. Presque toutes les cellules de la zone interne du parenchyme cortical présentent des épaississements de ce genre. Il y en a aussi, et même en assez grande abondance, dans la zone externe. La distribution de ces cellules avec bandes d'épaississement est donc ici plus uniforme que dans les cas cités par M. Van Tieghem (1).

Le parenchyme cortical est coloré en *brun*. L'assise externe est légèrement cuticularisée. Elle présente les réactions de la cutine. Il en de même parfois des deux ou trois assises sous-jacentes, de l'endoderme et des quelques parois radiales fortement épaissies des assises internes du parenchyme cortical.

Dans le cylindre central, les formations secondaires se développent comme M. Ph. Van Tieghem l'a indiqué. Il en résulte la rupture de l'endoderme et l'exfoliation du parenchyme cortical ; mais, avant même que l'endoderme se soit rompu, la membrane péricambiale a donné naissance par voie centripète à un liège nettement caractérisé.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 189.

Ce sont les arcs de la membrane péricambiale situés en regard des faisceaux libériens primaires qui forment d'abord du liège; les autres arcs de la membrane commencent à se diviser un peu plus tard dans le sens centripète pour organiser du liège.

La segmentation centrifuge de l'assise péricambiale donne naissance à un manchon peu épais de parenchyme secondaire.

Ce parenchyme entoure le liber. Le liber secondaire se compose dans le sens radial d'une alternance régulière de trois éléments disposés comme suit (1) : une fibre, un vaisseau grillagé, une cellule de réserves, un vaisseau grillagé.

Les cellules de réserves, qui contiennent de l'amidon pendant l'hiver, grandissent considérablement, puis subissent plusieurs divisions tangentielles, ce qui dans les parties très âgées peut provoquer l'exfoliation du liège et du parenchyme secondaire issus de la membrane rhizogène. Les cellules nées du cloisonnement tangentiel des éléments de réserve du liber secondaire épaississent alors leurs parois et se subérifient : ainsi se forme le *liège tertiaire*.

Chez le *Pinus halepensis*, le parenchyme tégumentaire secondaire est beaucoup plus développé que chez l'espèce précédente; il se compose de grandes cellules à parois minces et cellulosiques, remplies de grains d'amidon. Il est issu en sens centrifuge de l'assise péricambiale.

Cette membrane donne à l'extérieur un liège composé de très petites cellules à parois considérablement épaissies renfermant à leur intérieur une matière rougeâtre qui prend une coloration rouge intense, ainsi que les parois mêmes des cellules subéreuses lorsqu'on les traite par l'acide nitrique très étendu et à froid ; elle se convertit en un liquide jaune lorsqu'on la traite par l'acide nitrique faiblement étendu à chaud.

Le liège, chez le *Pinus halepensis*, offre cette particularité que, s'exfoliant continuellement et avec rapidité, sans doute à cause de l'épaississement considérable de ses cellules, il n'y en a jamais que deux ou au plus trois assises au-dessus de la zone qui l'engendre. Il en est de même dans la tige.

---

(1) *Mém. sur la Rac.*, p. 189 et suiv. *Ann. sc. nat.*, 5ᵉ série, t. XIII, 1870.

Il faut remarquer que dans cette plante les cellules subéreuses sont petites, extrêmement épaissies et à peu près de même grandeur dans la tige et dans la racine (fig. 58).

M. Ph. Van Tieghem a décrit d'une façon générale le système tégumentaire radical du *Taxus baccata* (1). Ayant repris l'examen de cet appareil, j'y ai reconnu certaines particularités que M. Van Tieghem n'a point signalées. Pour suivre la description que je vais en faire, le lecteur devra se reporter aux figures 3, 7 et 8 (planche 3) du mémoire de M. Van Tieghem, et à ma figure 56, relative à l'épaississement de l'endoderme.

L'écorce primaire de la racine du *Taxus baccata* commence à l'extérieur par une assise pilifère composée de grandes cellules; celles-ci se prolongent souvent en poils. Les cellules du parenchyme sous-jacent conservent des parois minces, mais qui brunissent vers l'époque de leur exfoliation.

L'avant-dernière assise corticale est caractérisée par un épaississement tout particulier de ses cellules formant un cadre complet sur leurs faces latérales et leurs faces transversales : la fig. 3 de la planche 3 de M. Van Tieghem montre la correspondance et la parfaite régularité de ces bandes protectrices.

J'ai reconnu à l'endoderme les caractères que M. Van Tieghem lui attribue, *mais uniquement dans le jeune âge de la racine :* je l'y ai vu, en effet, composé de cellules tabulaires engrenées par leurs faces radiales. Mais, dès que j'ai examiné l'endoderme seulement à quelques millimètres au-dessus de la coiffe, j'ai observé l'épaississement considérable de ses parois radiales, tel que le représente ma figure 56. La section transversale de ces parois offre une forme elliptique ou même nettement arrondie. Elle se colore en jaune, puis en rouge vif, ainsi que les autres parois de l'endoderme. Enfin, comprimé entre le parenchyme cortical et le cylindre central qui s'accroît, l'endoderme n'apparaît plus que sous la forme d'une lame épaisse, très fortement colorée en rouge.

---

(1) *Loc. cit.*, p. 190.

M. Van Tieghem, qui a observé cette coloration, fait remarquer avec raison qu'au moins au début elle n'a pas lieu en regard des vaisseaux ligneux.

L'écorce primaire ne présente jamais de canaux résineux. *Elle ne s'exfolie pas au début même de la formation du bois et du liber secondaires;* mais, peu après cette production, la membrane péricambiale subit une série de divisions tangentielles sur sa face interne et sa face externe qui donnent naissance d'une part à un parenchyme tégumentaire secondaire centrifuge, d'autre part à un liège centripète. L'accroissement de ce liège et de ce parenchyme joint à celui du bois et du liber secondaire augmentent alors rapidement le diamètre transversal de la racine, et l'exfoliation de l'écorce primaire s'ensuit bientôt.

L'endoderme reste accolé contre le liège et ne s'exfolie qu'avec lui. Ce liège se compose d'éléments à parois rouges, convexes au dehors. Les dimensions de ces cellules sont petites, tellement petites même dans le sens radial que leurs parois tangentielles paraissent accolées, lorsqu'on les considère dans les parties âgées.

Le parenchyme tégumentaire secondaire, situé au-dessous du liège, n'en étant séparé que par la mince couche cellulaire qui les engendre l'un et l'autre, présente de très grandes cellules à parois minces et cellulosiques, allongées dans le sens tangentiel, où l'amidon s'accumule en grande quantité.

En raison de la structure binaire de la racine du *Taxus*, le parenchyme secondaire joue un rôle très important dans la production du bois et du liber secondaires en regard des deux faisceaux ligneux primaires. En effet, au début de la période secondaire, *les deux arcs générateurs*, n'étant situés qu'à la partie interne des deux faisceaux libériens primaires, ne donnent du bois secondaire que sur les flancs du bois primaire; mais, par le fait même de cette formation, « il arrive un moment où les bords des arcs générateurs sont amenés en regard l'un de l'autre, un peu en dehors des vaisseaux primitifs. Ils s'unissent alors en une couche continue par l'intermédiaire d'une assise de cellules qui appartiennent à la région interne du parenchyme produit par la membrane péricambiale dédoublée et qui se comportent désormais comme ces arcs eux-mêmes. A partir de ce moment, c'est donc par un anneau libéro-vasculaire uniforme et complet que se termine la formation secondaire de la première année. En face des lames vasculaires primitives, cet anneau est traversé par un rayon celluleux unisérié qui unit les premiers vaisseaux formés aux quelques rangées de cellules corticales périphériques issues du bord interne de la membrane rhizogène (1) ».

D'une façon générale, la racine du *Biota orientalis* présente, quant au système tégumentaire, les mêmes phénomènes que les autres Conifères. Il faut seulement noter ce fait très remarquable que chez cette plante la membrane péricambiale est originairement double : l'assise externe donne le liège ; l'interne, le parenchyme secondaire.

Gnétacées, cycadées. — Je n'ai rien à ajouter à la description que M. Van Tieghem en a donnée (2).

Résumé

De l'examen précédent et des études de M. Van Tieghem sur la racine des Gymnospermes (3), on peut conclure que chez ces plantes :

1° L'écorce primaire atteint un haut degré de différenciation organique, bien qu'elle soit destinée à s'exfolier et qu'elle ne donne pas naissance à des tissus secondaires.

2° La membrane péricambiale intervient dans la réunion des arcs cambiaux en une zone continue; de plus, à quelques millimètres du sommet, elle commence à devenir génératrice de liège centripète et de parenchyme secondaire centrifuge.

3° Quand il m'a été possible d'observer la première forma-

(1) Ph. Van Tieghem, *Ibid*, p. 192.

(2) *Ibid.*, p. 204-212.

(3) *Loc. cit.*, p. 187-212.

tion locale du liège, c'est en regard des faisceaux libériens primaires que j'ai vu la membrane périphérique du cylindre central se diviser pour lui donner naissance.

4° Un liège *tertiaire*, d'origine libérienne, peut dans certains cas (ex : *Sequoia*) se former et subsister pendant une longue période d'activité de la racine, lorsque le liège et le parenchyme secondaire issus de la couche péricambiale sont exfoliés.

5° En général, les cellules subéreuses n'ont pas de grandes dimensions. J'ajoute que, chaque fois que j'ai comparé les cellules du liège de la racine à celles de la tige, elles m'ont paru avoir, dans les deux cas, à peu près le même volume.

QUATRIÈME SECTION. — DICOTYLÉDONES.

Au début de sa formation, la racine des Dicotylédones possède, comme celle des Gymnospermes, un appareil tégumentaire primaire comparable à l'écorce des Monocotylédones. J'ai reconnu que cet appareil se comporte très différemment suivant que le système vasculaire secondaire est précoce ou tardif, la plante herbacée ou ligneuse, la racine aérienne ou terrestre.

Je vais examiner successivement tous ces cas, en ayant soin de faire remarquer les transitions qui les relient.

CHAPITRE I^{er}. — DICOTYLÉDONES DONT LE SYSTÈME VASCULAIRE SECONDAIRE EST PRÉCOCE.

Ces Dicotylédones sont de beaucoup les plus nombreuses ; ce sont en général celles chez lesquelles l'accroissement du nombre des feuilles est rapide et continu. On conçoit en effet que ces plantes aient besoin d'une abondance croissante de sucs nourriciers, condition de vie à laquelle satisfait le développement précoce et incessant de nouveaux vaisseaux.

Cette formation d'éléments vasculaires secondaires entraîne une modification très importante du système tégumentaire : le parenchyme cortical primaire ne suffisant plus à emmagasiner les réserves nutritives, cette fonction est dévolue en totalité ou en partie, à un tissu nouveau. C'est la membrane péricambiale qui l'organise; elle l'engendre au-dessous d'elle, en subissant une série de divisions tangentielles centrifuges; le parenchyme issu de ce cloisonnement successif se compose de larges cellules à parois minces qui ne tardent pas à se remplir de substance amylacée ou d'autres matières destinées à une élaboration ultérieure.

Chez toutes les Dicotylédones du présent groupe que j'ai étudiées, j'ai constaté la formation d'un manchon de parenchyme secondaire par la membrane périphérique du cylindre central.

L'épaississement de ce manchon et les phénomènes concomitants, dont l'assise périphérique et l'écorce primaire sont le siège, varient selon les genres, les familles, la nature herbacée ou ligneuse des végétaux.

Il en est chez lesquels l'écorce primaire est persistante, d'autres chez lesquels cette écorce s'exfolie; ces deux sortes de racines doivent être étudiées séparément.

§ 1. — Persistance de l'écorce primaire.

Parmi les familles chez lesquelles on peut trouver des espèces où la racine conserve constamment son écorce primaire (en totalité ou tout au moins en partie), alors que les formations vasculaires secondaires sont précoces, on peut citer : les Papilionacées, les Rosacées et les Composées.

Papilionacées. — Chez la Fève (*Faba vulgaris*) (fig. 66, 68, 70, 71), *considérée à la fin de la période primaire*, l'écorce est très développée (1) : on y remarque une assise pilifère régulière composée de petites cellules à parois minces dont la plupart se prolongent en poils. Le parenchyme cortical présente deux zones bien nettes. La zone externe est constituée par de grandes cellules polygonales à parois très minces, dont les dimensions augmentent à mesure qu'elles s'éloignent de l'assise pilifère :

---

(1) J'ai étudié le *Faba vulgaris* sur les individus dont j'ai obtenu la germination en serre chaude; j'ai fait plonger les racines dans l'eau, dès qu'elles atteignirent 7 ou 8 centimètres de longueur.

chacune de ces cellules est plus allongée dans le sens radial que dans le sens tangentiel. Ces cellules, lors de l'organisation primaire du cylindre central, ne laissent entre elles qu'un petit nombre de méats. La zone interne n'a qu'en partie la structure normale; ses éléments cellulaires laissent bien entre eux des méats; mais ceux-ci sont triangulaires, les cellules n'étant point disposées en files radiales régulières. Leurs parois sont d'une extrême minceur, leur forme arrondie.

L'endoderme est constitué par des cellules tabulaires de moyenne grandeur, à parois minces; les parois radiales sont fortement engrenées. La membrane péricambiale est simple en regard du liber, *triple* en regard du bois primaire (fig. 70). La partie périphérique du liber primaire est constituée par un paquet de fibres extrêmement épaissies et d'une éclatante blancheur (fig. 68, 70, 71).

En examinant la position de ces fibres par rapport à la membrane péricambiale à différents niveaux, il est facile de suivre le développement des productions issues de cette membrane.

Voici en effet ce que l'on remarque au début de la période secondaire :

Tandis que les arcs générateurs, situés au-dessous du liber primaire, forment du bois et du liber secondaires, les arcs alternes, composés des deux assises internes de la membrane péricambiale, se trouvant situés à une égale distance du centre, subissent une série de divisions centrifuges destinées à accroître les rayons parenchymateux primitifs.

Pour satisfaire à l'extension nécessitée par l'ensemble de ces formations secondaires, l'assise extérieure de la membrane périphérique (assise qui est d'abord unique en regard du liber) se divise et, par voie centrifuge, donne naissance à un *parenchyme secondaire* (fig. 71). Les fibres blanches du liber primaire en marquent toujours d'une façon très nette la limite interne.

Les cellules de ce tissu parenchymateux subissent de fréquentes divisions radiales et des divisions tangentielles qui masquent souvent leurs connexions originelles (fig. 70). Leurs parois demeurent minces et brillantes.

Ces formations s'effectuent sans exfolier l'écorce primaire. L'endoderme subsiste avec tous ses caractères bien qu'il subisse de continuelles divisions radiales qui lui permettent de s'élargir. Les parois des cellules du parenchyme cortical restent minces et cellulosiques. Seulement, les méats intercellulaires s'accroissent ou se forment. Ils deviennent assez nombreux dans la zone externe.

Pendant très longtemps aussi les cellules de l'assise pilifère conservent de minces parois; ce n'est que dans les parties âgées et alors que la plante est arrivée au terme de la période végétative que la paroi externe de ces cellules s'épaissit un peu et se colore en brun.

Sur des racines longues de 25 à 30 centimètres, je n'ai observé aucune formation subéreuse par l'assise pilifère, le parenchyme cortical ou la membrane péricambiale, que la plante ait été cultivée dans la terre ou dans l'eau.

ROSACÉES. — Dans toutes les racines de l'*Alchemilla vulgaris* que j'ai pu me procurer, j'ai toujours trouvé le parenchyme cortical primaire absolument intact. Ce tissu se compose de cellules arrondies, notamment dans la zone interne, où elles forment des files radiales et des séries concentriques assez régulières; les méats qu'elles laissent entre elles sont petits; il n'y en a généralement pas dans la zone externe.

Les cellules endodermiques sont très-petites; elles subissent de fréquentes divisions radiales pour se prêter à l'extension nécessitée par les productions secondaires du cylindre central. Il en est de même des éléments de l'assise péricambiale; de plus, cette membrane périphérique est, dès le début de la formation du bois et du liber secondaire, le siège d'un cloisonnement tangentiel successif; les cellules ainsi formées constituent un parenchyme très régulier qui se développe toujours dans le sens centrifuge. Il ne constitue qu'une zone très mince. Il est rare que les éléments de ce tissu subissent des divisions radiales ou obliques ; ils restent donc disposés en files rayonnantes et en séries concentriques d'une parfaite régularité, et demeurent par là même en concordance avec les cellules génératrices de l'assise périphérique.

Ce parenchyme secondaire a donc la même origine et les mêmes connexions morphologiques que le parenchyme secondaire que j'ai décrit dans la racine de la Fève, bien qu'il présente des caractères anatomiques assez différents.

Le liber ne se fibrifie pas ; mais sa limite externe est nette, ses cellules étant plus petites que celles du parenchyme issu de la membrane périphérique.

Composées. — Beaucoup de plantes de la famille des Composées conservent pendant toute la durée de leur existence l'écorce primaire de leur racine : tels sont le *Taraxacum dens-leonis*, les *Tagetes erecta* et *T. patula*, le *Gaillardia aristata*, l'*Echinops exaltatus*, les *Lappa major* et *tomentosa*, etc.

Lorsqu'on fait une coupe transversale d'une très mince radicelle de *Taraxacum dens leonis* (fig. 73), on voit un cylindre central relativement petit entouré d'une écorce où les deux zones normales sont bien développées. La zone externe commence par une assise pilifère qui s'exfolie très tôt généralement : alors l'assise qu'elle recouvre s'épaissit un peu et joue le rôle physiologique d'épiderme. La grandeur des éléments cellulaires de la zone externe augmente à mesure qu'ils s'éloignent de la périphérie.

La zone interne présente les caractères ordinaires ; elle se compose, lors de l'état primaire, de cinq, six ou sept assises superposées en files radiales d'une grande régularité.

L'endoderme, qui est la dernière de ces assises, est formé de très petites cellules dont les parois latérales sont fortement plissées et engrenées les unes dans les autres.

Lorsque le système vasculaire secondaire se développe, l'endoderme et la membrane périphérique se divisent radialement pour suivre l'extension du cylindre central ; en même temps, la membrane périphérique subit une série de cloisonnements tangentiels centrifuges; d'où résulte un anneau complet de parenchyme secondaire au-dessous de l'endoderme. Sur la fig. 73 on voit assez nettement les trois zones que présente la coupe transversale d'une racine âgée de *Taraxacum dens-leonis* : la zone périphérique est constituée par l'écorce primaire; la première assise que l'on y remarque est plus épaisse que les autres : c'est elle que l'assise pilifère recouvrait; la dernière assise, ou endoderme, se reconnaît à la petitesse et au léger épaississement des éléments dont elle se compose. La zone moyenne, qui est très mince, est constituée par le parenchyme secondaire issu de la membrane péricambiale. La zone interne comprend tout le système vasculaire libérien au dehors, ligneux en dedans. On voit que les éléments de ce système forment deux anneaux continus séparés seulement par la zone cambiale.

La *Gaillardia aristata* offre un semblable développement : sur la coupe transversale d'une racine de cette espèce, où les vaisseaux secondaires ne sont pas encore très nombreux, on voit combien fréquent est le cloisonnement radial des cellules de l'écorce : presque toutes se divisent simultanément ; c'est ainsi que le tégument s'élargit à mesure que le cylindre central s'agrandit.

L'assise pilifère se cutinise très légèrement et demeure persistante avec ses poils.

Il en est de même chez les *Tagetes erecta* et *T. patula* : chez ces deux espèces, les cellules du parenchyme cortical primaire conservent leurs parois minces et cellulosiques; elles se divisent souvent dans le sens du rayon et celui de la tangente. M. Ph. Van Tieghem (1) a montré que l'endoderme s'élargit en divisant ses cellules. Cet endoderme renferme des glandes et des méats oléifères que j'ai décrits plus haut (2). L'huile est sécrétée dans quelques-uns des méats quadrangulaires que laissent entre elles les cellules de la zone interne de l'écorce et principalement les cellules dérivées du dédoublement de l'endoderme en regard du liber primaire.

---

(1) Mém. sur la Racine, 1870, *Ann. sc. nat.*, et canaux sécréteurs des plantes, 1872. *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XVI.

(2) 1re partie, sect. 1, chap. IV.

Chez le *Gaillardia aristata*, le nombre des faisceaux libériens primaires étant souvent de trois, les méats oléifères sont répartis sur trois arcs de l'endoderme.

Chez l'*Echinops exaltatus*, l'endoderme ne se dédouble généralement pas ; il ne subit de division que dans le sens radial, ce qui écarte progressivement les méats oléifères, primitivement très rapprochés les uns des autres en regard des faisceaux libériens primaires. Ces canaux sont situés à la face externe de l'endoderme : les cellules qui les bordent en dehors des éléments endodermiques se divisent obliquement et radialement, de sorte que souvent le canal est entouré de cinq ou six cellules glandulaires. Le parenchyme cortical primaire subit de très fréquentes divisions dans le sens radial; mais le cloisonnement tangentiel y est rare, de sorte que sur la coupe transversale d'une grosse racine il n'occupe qu'une épaisseur relativement très faible. Au contraire, le parenchyme secondaire issu de la membrane périphérique du cylindre central se divise dans tous les sens, tangentiellement, radialement et obliquement, ainsi que le montre la figure 69.

C'est ici le lieu de faire observer qu'en général, chez les végétaux dicotylédones dont les productions vasculaires secondaires sont précoces et l'écorce primaire persistante, les vaisseaux ligneux sont peu abondants dans le bois secondaire, lorsque la plante est vivace. Une coupe intéressant le bois primaire et le bois secondaire d'une racine âgée de *Lappa major*, fait bien voir l'énorme développement que prennent les éléments cellulaires dans le bois secondaire. Le tissu conjonctif qu'ils forment se gorge de réserves nutritives : dès lors, le parenchyme cortical primaire, bien qu'il ne se compose que d'un très petit nombre d'assises cellulaires chez les *Lappa*, suffit, avec le parenchyme secondaire dérivé de la membrane péricambiale, à recevoir l'excédent des réserves nutritives dont la plante a besoin.

J'insiste sur ce fait que, chez les végétaux à écorce primaire persistante que je viens de décrire, les faisceaux vasculaires secondaires, bien que précoces, ont un développement lent et limité (ex. : *Faba*, *Tagetes*, etc.); ou bien ce sont les éléments cellulaires destinés à emmagasiner les réserves nutritives qui y dominent.

Les cinq propositions suivantes résument l'ensemble des phénomènes que j'ai observés chez ces plantes :

1° L'assise périphérique du cylindre central organise toujours au-dessous d'elle un parenchyme secondaire centrifuge.

2° Lorsque l'inégale rapidité de la formation de ce parenchyme est appréciable, comme chez la Fève, c'est en regard des faisceaux ligneux primaires qu'on voit la membrane péricambiale commencer à se diviser pour lui donner naissance.

3° Ce parenchyme secondaire et le parenchyme cortical primaire se composent toujours de grandes cellules à parois minces que le chloroiodure de zinc colore en bleu: ces cellules sont pleines de protoplasma; elles restent en activité pendant toute la durée de la vie de la racine, lorsque celle-ci est annuelle. Une grande quantité de réserves nutritives s'y accumule : elles en sont surtout gorgées pendant l'hiver.

4° Normalement, la racine de ces plantes ne présente pas de couche subéreuse. Il ne se forme du liège que d'une façon très irrégulière et pour ainsi dire accidentelle, dans le seul cas où les premières assises corticales externes s'exfolient (1)

---

(1) Cela arrive quelquefois chez les *Lappa*, mais d'une façon irrégulière et pour ainsi dire accidentelle. C'est dans de telles conditions que j'ai observé la formation de quelques cellules subéreuses isolées dans le parenchyme cortical primaire du *Faba vulgaris*.

J'ai cherché à obtenir la production artificielle du liège dans les racines de cette plante cultivées dans l'eau. Sur un grand nombre de ces racines, j'ai exercé des pressions d'intensités diverses au moyen de ligatures; l'examen anatomique ne m'a révélé aucune production de cellules subéreuses dans les régions ainsi comprimées. J'ai constaté au contraire qu'il s'en forme pour cicatriser les plaies dues à des incisions profondes. La membrane rhizogène et les assises sous-jacentes, l endoderme et les cinq ou six assises corticales qui le recouvrent

5° Toutes les plantes sur lesquelles j'ai observé ces phénomènes appartiennent à des espèces herbacées. On verra, dès le paragraphe suivant, de quelle importance cette remarque peut être.

§ 2. — Exfoliation de l'écorce primaire.

Dans les racines des Dicotylédones où j'ai constaté des formations vasculaires non seulement *précoces*, mais aussi *très abondantes*, *rapides et prolongées*, l'écorce primaire s'exfolie. Tel est le cas de la plupart des Dicotylédones ligneuses et de beaucoup de Dicotylédones herbacées que j'ai étudiées.

Chez ces plantes, l'accroissement transversal du cylindre central est tellement grand et rapide que l'écorce primaire ne peut la suivre : j'ai reconnu, par l'emploi du chloroiodure de zinc après l'action de l'acide nitrique bouillant, que les parois cellulaires de cette écorce meurent en subissant sur place la subérification chimique, et ce dans le sens centripète ; après quoi les diverses assises corticales s'exfolient successivement dans un ordre assez régulier. L'écorce primaire est alors remplacée par un appareil tégumentaire secondaire dont je vais exposer l'origine et les caractères en le considérant dans la série des Dicotylédones.

Papilionacées. — On trouve entre les Dicotylédones dont l'écorce primaire s'exfolie et celles que j'ai décrites au paragraphe précédent toute une série de transitions liées au degré de précocité et à la plus ou moins grande abondance des formations vasculaires secondaires. Cette abondance est elle-même subordonnée dans une certaine mesure à la durée de la vie de la plante. Ainsi, pour prendre un exemple parmi les Papilionacées, tandis que chez les *Faba*, végétaux herbacés

immédiatement, peuvent ainsi devenir générateurs de liége. Généralement l'assise mise à découvert par l'ablation des couches externes meurt rapidement ; il en est souvent de même de l'assise qu'elle recouvre ; mais la troisième ou la quatrième assise sous-jacente donne naissance à d'*énormes* cellules dont les parois demeurent minces et se subérifient très tardivement.

annuels, j'ai constaté la persistance de l'écorce primaire, dans un genre voisin, les *Caragana*, j'en ai suivi la chute ; et comme dans ces plantes les formations secondaires ne sont ni plus précoces ni guère plus rapides que chez les *Faba*, la racine peut conserver son écorce primaire pendant un temps relativement long ; mais, les formations vasculaires secondaires continuant à se produire bien au-delà de la limite assignée aux *Faba*, puisque les *Caragana* sont ligneux, il arrive un moment où l'écorce primaire se déchire et commence à s'exfolier.

Dès que les arcs cambiaux infralibériens organisent du bois et du liber secondaires dans la racine du *Caragana grandiflora*, la membrane péricambiale subit une série de divisions tangentielles à la fois vers l'intérieur et vers l'extérieur ; de sorte qu'entre les assises ainsi formées de part et d'autre, une zone génératrice à double jeu subsiste continuellement : vers l'intérieur, le cloisonnement est centrifuge : il en résulte la formation d'un parenchyme secondaire toujours cellulosique comparable à celui des *Faba*. Les divisions tangentielles centripètes du bord externe de la membrane périphérique donnent naissance à un tissu dont les cellules tabulaires restent disposées en files rayonnantes régulières : les parois de ces cellules ne présentent aucun méat ; elles sont d'abord minces, blanches, et, pendant très peu de temps, cellulosiques, mais bientôt, le protoplasma disparaissant, elles manifestent les réactions du suber et se colorent en brun. Ainsi le cylindre central se trouve entouré d'un manchon continu de quatre à cinq assises subéreuses qui le séparent de l'écorce primaire. En même temps que se forme le liège, les cellules du parenchyme cortical primaire meurent. Ce sont les plus externes qui perdent les premières leur activité ; j'ai constaté par l'emploi successif de l'acide nitrique bouillant et du chloroiodure de zinc, qu'elles se subérifient alors chimiquement depuis l'assise pilifère jusqu'à l'endoderme inclusivement ; jamais elles ne donnent naissance à un liège anatomique : le parenchyme cortical qu'elles constituent subit quelques déchirures radiales et peu à peu chacune de ses assises s'exfolie. Seule la membrane protectrice reste quelque temps encore accolée à la face externe du liège ; l'épaisseur de ce dernier tissu augmente alors rapidement ; puis l'endoderme tombe avec les couches subéreuses externes ; mais, à mesure que cette exfoliation des assises périphériques du liège s'effectue, la zone d'où il procède ne cesse de le régénérer : la racine, dès avant la chute de l'écorce primaire, est donc entourée d'un manchon de liège centripète au-dessous duquel les réserves nutritives s'accumulent dans le parenchyme secondaire.

Les pousses souterraines de *Caragana grandiflora* présentent une constitution tout à fait comparable à celle de la racine, quant à l'appareil cortical. Dans ces pousses, le parenchyme cortical primaire persiste très longtemps après la formation d'un liège issu d'un cambium subéreux tout à fait semblable à la membrane péricambiale de la racine. Il m'est arrivé de trouver l'écorce primitive intacte sur une longueur de 40 centimètres, alors qu'au-dessous d'elle existait un épais manchon de liège.

Cette exfoliation relativement lente et tardive du système tégumentaire primaire établit, parmi les Dicotylédones à formations vasculaires précoces, un trait d'union entre les plantes qui conservent toujours l'écorce radiale primitive et les végétaux plus nombreux qui la rejettent de très bonne heure.

Rosacées. — Au nombre des Dicotylédones dont l'écorce primaire s'exfolie très tôt se trouvent la plupart des Rosacées vivaces. Lorsqu'on fait une coupe transversale d'une racine de *Potentilla anserina* (fig. 78) (les racines de cette espèce n'acquièrent guère plus de 20 centimètres de longueur), on est frappé de l'importance qu'y prend le tissu conjonctif : le bois se compose en effet de vaisseaux ligneux entremêlés de parenchyme ; au-dessus, et séparé de lui seulement par une mince zone cambiale, se trouve un abondant anneau de liber secondaire où les éléments purement parenchymateux prédominent de beaucoup sur les tubes criblés et les cellules grillagées : le tout est entouré d'un tissu parenchymateux à grandes cellules, protégé à l'extérieur par une assez forte couche de liège.

En remontant à l'origine de ces tissus, on voit que le liège et le parenchyme sous-jacent procèdent l'un et l'autre, comme dans l'exemple précédent, de la membrane périphérique du cylindre central. Ici l'écorce primaire s'exfolie presque aussitôt après la formation des premiers vaisseaux ligneux ou libériens secondaires ; la membrane périphérique du cylindre central engendre en dedans un parenchyme centrifuge et en dehors un liège centripète. Les cellules de ce liège ont leur section transversale rectangulaire ; elles sont très courtes dans le sens radial et allongées suivant la tangente ; leurs parois sont colorées en brun ; les parois radiales sont rectilignes ; les parois tangentielles, légèrement convexes vers l'extérieur.

Le parenchyme secondaire centrifuge issu de la membrane péricambiale se confond souvent vers l'intérieur avec le parenchyme libérien centripète, ou du moins il est difficile de préciser la limite qui les sépare, le liber primaire se résorbant. Cette résorption, qui enlève toute ligne de démarcation précise entre deux tissus bien différents, est très fréquente chez les Dicotylédones. J'aurai l'occasion de la signaler souvent au cours de cette étude.

Pendant la vie de la plante, toute la partie parenchymateuse de la racine est remplie d'amidon, et en telle abondance qu'il faut le faire disparaître des coupes par un moyen artificiel tel que l'action des acides, pour pouvoir discerner les tissus.

Composées. — Tandis que l'écorce primaire persiste dans la racine des *Taraxacum*, des *Tagetes*, des *Lappa* et des *Gaillardia*, elle est caduque dans le pivot de la plupart des autres Composées vivaces. Il en est ainsi dans le pivot du *Scorzonera humilis*. Le développement du bois secondaire y est assez rapide au début, ce qui entraîne l'exfoliation du tégument primaire ; puis il se ralentit ; alors la membrane péricambiale, qui a commencé, dès le début des formations vasculaires secondaires, à organiser du liège et du parenchyme secondaire, continue à en produire activement ; le parenchyme centrifuge auquel elle donne naissance acquiert des dimensions considérables ; c'est lui qui contribue le plus à augmenter le diamètre transversal de la racine, ce membre étant destiné à emmagasiner une énorme quantité de réserves nutritives. Un certain nombre de ses cellules se distinguent en effet de celles qui les entourent par une activité particulière : elles se multiplient plus rapidement par une série de bipartitions successives, et donnent ainsi naissance à de véritables faisceaux libéro-ligneux.

La production du liège est beaucoup plus lente que celle du parenchyme secondaire ; ce tissu, considéré sur les coupes transversales, ne présente que deux ou trois assises, quatre au plus, l'accroissement diamétral du pivot exfoliant ses cellules externes. Les éléments qui le constituent sont tabulaires, allongés dans le sens tangentiel, et si courts dans le sens radial que souvent les parois tangentielles s'accolent les unes sur les autres.

Je rappelle ici, mais seulement pour mémoire, que l'endoderme des Composées présente des canaux sécréteurs (1).

Araliacées et Ombellifères. — Le système tégumentaire des Araliacées et des Ombellifères est très remarquable par la position spéciale de ses méats oléo-résineux et la très précoce exfoliation de l'écorce primaire.

Chez les *Aralia* et en particulier l'*A. spinosa*, à peine cette écorce est-t-elle formée qu'elle tombe. Aussi son parenchyme présente-t-il seulement les caractères de la « zone interne normale ». Il se compose de cellules isodiamétriques rangées en files radiales régulières et en cercles concentriques. Ces cellules laissent entre elles de petits méats.

Leur chute est déterminée par la production subéreuse dont la membrane périphérique commence à être le siège *avant* toute formation de bois et de liber *secondaires*.

Cette membrane possède des canaux oléo-résineux (2) et, par suite de la situation de ces canaux, un nombre de cellules rhizogènes de moitié supérieur au nombre normal. En regard de chacun des deux ou trois faisceaux ligneux primaires (1), la membrane se compose de quatre cellules glandulaires formant deux assises et laissant entre elles un méat où elles sécrètent la matière oléagineuse. Les radicelles, ne pouvant par conséquent pas naître en regard du bois primaire, tirent leur origine des cellules de la membrane périphérique les plus rapprochées des cellules glandulaires. Le nombre de leurs rangées se trouve ainsi porté à quatre ou à six (2).

---

(1) 1re partie, sect. I, chap. IV.

(2) 1re partie, sect. I, chap. IV

En dehors des deux ou trois régions où l'oléo-résine est sécrétée, la membrane périphérique est simple.

J'ai constaté qu'*avant* toute formation de bois et de liber secondaires elle organise une couche de liège par une série de divisions tangentielles centripètes.

Lorsqu'apparaissent le bois et le liber secondaires, elle forme par le cloisonnement centrifuge de sa partie interne un *parenchyme secondaire*. Ainsi entre le parenchyme et le liège subsiste constamment une couche génératrice de l'un et de l'autre.

En plus des canaux oléifères issus de la membrane périphérique, j'ai constaté la formation de canaux du même genre dans le parenchyme secondaire, tandis que je n'en ai jamais observé dans l'écorce primaire.

Le parenchyme secondaire se compose de grandes cellules à parois minces et cellulosiques, destinées à emmagasiner une grande abondance de matières nutritives. On les voit, notamment vers la périphérie, subir de fréquentes divisions radiales.

La disposition des méats sécréteurs et le jeu de la membrane péricambiale, que je viens de décrire chez les *Aralia*, se retrouvent chez les autres Araliacées et chez les Ombellifères. Chez tous les représentants de cette dernière famille qui ont été étudiés sous ce rapport, le système tégumentaire se développe exactement de la même manière, le nombre des faisceaux ligneux étant généralement de deux.

---

(1) Je dis : « deux ou trois », parce que le nombre de ces faisceaux est variable. En général, il est de trois au début dans l'*Aralia Spinosa*.

(2) Voy. à ce sujet : Ph. Van Tieghem, Mém. sur la Racine. *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIII, 1870.

Chez l'*Archangelica officinalis* (fig. 79), le parenchyme secondaire que l'assise péricambiale produit se compose de grandes cellules que l'extension croissante des éléments vasculaires sous-jacents étire considérablement dans le sens tangentiel. Ces cellules, qui sont d'abondants réservoirs d'amidon, se multiplient souvent par des divisions radiales ou obliques. Leurs parois acquièrent plus d'épaisseur que celles du parenchyme secondaire des *Aralia*. Ces parois demeurent cellulosiques.

La production du liège est abondante. Lorsque la racine est encore petite, les cellules subéreuses le sont également. Leur forme est alors celle de petits cubes à parois épaisses. Mais à mesure que le diamètre du membre s'accroît, les cellules génératrices du liège sont plus étendues dans le sens de la tangente, et il en est par conséquent de même des cellules subéreuses ; ces cellules sont donc tabulaires et leurs parois radiales sont relativement courtes. La production de ces éléments est très rapide ; aussi arrive-t-il, lorsqu'on les traite par le chloroiodure de zinc, de voir le manchon qu'ils forment présenter une zone externe qui se colore en jaune et une zone interne qui se colore en bleu, n'ayant pas encore subi la subérification chimique.

Caprifoliacées. — A l'état primaire, la racine du *Sambucus villosa* (fig. 75) présente une assise pilifère mince, non cutinisée ou du moins très faiblement cutinisée. Le parenchyme cortical se compose de grandes cellules à parois minces qui renferment en hiver de nombreux grains d'amidon. On y remarque les deux zones (interne et externe); mais elles passent insensiblement de l'une à l'autre, et présentent d'ailleurs une certaine irrégularité.

L'endoderme est peu spécialisé, il ne se distingue pas nettement de l'assise qui le recouvre.

Normalement l'écorce primaire ne forme pas de liège ; mais elle se déchire lorsque les formations secondaires augmentent le diamètre de la racine. Quelque temps avant cette rupture, les cellules du parenchyme cortical épaississent un peu leurs parois et *meurent en subissant un commencement de subérification chimique*. Vient ensuite leur exfoliation, laquelle met à nu le cylindre central.

Le centre de ce cylindre est occupé par un tissu conjonctif à petites cellules qui, par les progrès de l'âge, épaississent fortement leurs parois. Six faisceaux ligneux primaires alternent avec six grands faisceaux libériens.

En regard des faisceaux ligneux, la membrane péricambiale, dès la période primaire, donne naissance à un tissu cellulaire qui se gorge d'amidon. Les cellules libériennes elles-mêmes se remplissent de petits grains d'amidon.

Sur une coupe transversale, le diamètre du cylindre central, à l'état primaire, est environ le tiers du diamètre total de la coupe.

Lors de la période secondaire, le fonctionnement de la couche génératrice formant du bois en dedans et du liber en dehors détermine l'extension de l'endoderme et l'exfoliation centripète de tout le parenchyme cortical primaire. En même temps, les six arcs de la membrane péricambiale situés *en regard des faisceaux libériens primaires* deviennent le siège d'une production centripète de liège. Cette formation s'étend bientôt d'un arc à un autre de la membrane péricambiale, de sorte que la racine est entourée d'un manchon continu de cellules subéreuses, lorsque l'endoderme est exfolié. Ce manchon se régénère incessamment par sa couche interne. Ses cellules sont à parois minces; elles sont allongées dans le sens tangentiel, mais présentent aussi par places des divisions radiales.

Le liber secondaire issu de la couche génératrice prend une grande extension. Il en résulte une compression progressive des faisceaux libériens primaires : ils finissent par se résorber entièrement.

Le parenchyme libérien secondaire se compose de grandes cellules à parois minces. On y remarque çà et là des faisceaux de fibres libériennes d'un blanc éclatant.

La membrane péricambiale produit vers l'intérieur un parenchyme secondaire. Il est souvent difficile d'établir une ligne de démarcation très nette entre ce parenchyme centrifuge et le parenchyme libérien secondaire, qui est centripète.

Lorsqu'on compare à l'organisation de la racine du *Sambucus* celle des rhizomes de la même plante, on est frappé des différences que présentent les dimensions relatives du cylindre central et du système tégumentaire. Dans les rhizomes, une moelle extrêmement développée subsiste toujours; les faisceaux ligneux ne prennent qu'une très-faible extension : c'est le contraire pour le liber secondaire; il offre les caractères du liber secondaire des racines.

Chez le *Viburnum Opulus*, l'écorce primaire de la racine se compose de cellules irrégulièrement disposées, ne laissant point de méats entre elles, ou du moins fort peu. On n'y remarque donc pas les deux zones normales. L'assise pilifère se compose de cellules relativement grandes, allongées dans le sens radial; sa cuticule s'épaissit beaucoup et se colore en rouge.

Avant la chute de l'écorce primaire, la membrane péricambiale et l'endoderme s'agrandissent par des divisions radiales. L'assise périphérique donne à l'intérieur par voie centrifuge un parenchyme tégumentaire secondaire qui forme un manchon complet autour du liber. Cette organisation subsiste pendant tout le temps que le diamètre transversal de la racine ne dépasse pas 1 demi-millimètre.

Au-delà de cette limite, l'écorce primaire s'exfolie et la membrane péricambiale organise du liége dans le sens centripète.

M. Sanio a étudié le liége de la tige : il a constaté que le développement de ce tissu y est centripète.

Dans la tige, les cellules subéreuses sont cubiques; quelquefois leurs parois radiales sont ondulées, et leurs parois transversales convexes au dehors.

Dans la racine, les éléments du liége sont *très allongés dans le sens tangentiel* et *très courts dans le sens radial*. Ils sont environ *quatre fois plus volumineux* que les cellules subéreuses de la tige.

Crassulacées. — La formation du bois et du liber secondaires a lieu de si bonne heure dans cette famille qu'il est bien difficile de faire une coupe où l'on ne la voie pas. Sur le *Crassula versicolor*, elle commence dès que le diamètre transversal de la racine atteint $\frac{3}{10}$ de millimètre, et se poursuit comme chez les autres Dicotylédones (1).

En même temps se produit la division de la membrane périphérique, engendrant du parenchyme à l'intérieur et du liège à l'extérieur. Il se forme aussi un anneau complet de liège qui, dès qu'il se compose de trois ou quatre assises, détermine la chute de l'écorce primaire.

Ce liège acquiert des proportions considérables chez toutes les Crassulacées. Chez les *Sedum acre*, *spurium*, *populifolium*, il se compose de grandes cellules dont les parois demeurent minces ; ses cloisons tangentielles sont convexes vers l'extérieur ou légèrement ondulées. A mesure que l'épaisseur du liège augmente, les cellules périphériques de ce tissu se trouvent de plus en plus comprimées; alors leurs parois radiales se plissent et leurs parois tangentielles se rapprochent à tel point que souvent elles s'accolent les unes au-dessus des autres.

L'exfoliation du liège n'est pas régulière : il s'y produit subitement de places en places des déchirures qui, en s'étendant lentement de l'une à l'autre, finissent par se rejoindre et amener ainsi la chute du suber externe.

Cactées. — Les Cactées sont, de toutes les Dicotylédones que j'ai étudiées, celles où les productions secondaires du cylindre central sont le plus précoces et le plus rapides. Aussi à peine l'écorce primaire est-elle formée qu'elle tombe.

Chez l'*Opuntia glauca*, les *Cactus nycticalus* et *grandiflorus*, la membrane périphérique du cylindre central donne :

1° A l'intérieur, un manchon de parenchyme secondaire absolument semblable à celui des *Crassulacées* ;

---

(1) Voir à ce sujet : Louis Olivier, Note sur les formations secondaires dans la racine des Crassulacées, in *Bull. Soc. Bot.*, t. XXVII, 1880.

2° A l'extérieur, un liège entremêlé de *périderme* (fig. 74). Je n'ai jamais rencontré autre part que chez les Cactées, parmi les Dicotylédones, un liège radiculaire aussi abondant. Les cellules de ce tissu présentent une section transversale quadrangulaire, presque carrée ; leurs parois sont minces, le nombre des assises qu'elles constituent est ordinairement élevé; ces assises sont séparées au moins par un anneau de cellules subéreuses qui se sont fortement épaissies, de façon à former un périderme régulier. M. Ph. Van Tieghem (1) a signalé ce périderme chez le *Cereus grandiflorus* et l'*Opuntia pubescens*. Je me suis assuré qu'il est très général chez les Cactées. Le plus souvent même il y a deux ou trois zones péridermiques coexistantes, entre lesquelles plusieurs assises subéreuses sont resserrées.

C'est ici le lieu de faire remarquer que le summum de la production subéreuse et l'apparition d'un périderme coïncident avec la nature *presque* aérienne des racines. Les racines des Cactées sont, il est vrai, terrestres; mais, comme celles des Crassulacées, elles sont soumises à de fréquentes dénudations.

Ainsi, comme je l'ai reconnu chez les Monocotylédones, chez les Dicotylédones, *c'est surtout dans les racines exposées au contact de l'air que le périderme tend à se former et que le liège est le plus abondant.*

ILICINÉES. — La famille des Ilicinées se compose d'arbres ou d'arbrisseaux dont les racines acquièrent de grandes dimensions et sont généralement riches en radicelles. Les différences que présentent l'écorce primaire et le système tégumentaire secondaire y sont par suite très accusées ; et comme elles sont constantes chez les diverses espèces de ce groupe, il me suffira de les décrire chez l'*Ilex aquifolium*.

L'organisation primaire s'observe sur les coupes transversales, dont le diamètre ne dépasse pas 1 demi-millimètre. Le diamètre du cylindre central y est environ le tiers du diamètre de la coupe totale.

---

(1) *Ann. sc. nat.*, 5e série, t. XIII, p. 252-256.

La membrane péricambiale, qui est mince, entoure cinq faisceaux ligneux et cinq faisceaux libériens alternants, reliés entre eux par un tissu conjonctif composé de petites cellules à parois cellulosiques et très délicates.

L'endoderme est très nettement spécifié : la section transversale de ses éléments est tabulaire ; les cloisons de ses cellules sont d'abord minces et cellulosiques ; les parois radiales sont légèrement plissées dans le sens longitudinal.

Les autres assises du parenchyme cortical primaire sont constituées par des cellules de moyenne grandeur qui ne laissent entre elles aucun méat. L'assise externe est seule cutinisée.

La fin de la période primaire est marquée par la confluence et bientôt la fusion des faisceaux vasculaires vers le centre du cylindre central. A ce moment, il n'y a encore ni exfoliation ni subérification du parenchyme cortical. Il reste cellulosique.

L'examen d'une série de coupes consécutives faites au passage de la structure primaire à la structure secondaire montre que la confluence progressive des faisceaux ligneux primaires provoque l'extension de l'assise périphérique et de l'endoderme.

Dès le début des formations ligneuse et libérienne secondaires, le parenchyme cortical primaire commence à subir la subérification chimique, et ce, dans le *sens centripète;* à mesure que cette modification moléculaire se produit, le parenchyme s'exfolie.

L'endoderme disparaît à peu près au même moment que les deux assises parenchymateuses qui le recouvrent. Mais un peu avant l'exfoliation de ces couches, la membrane péricambiale a déjà commencé à subir sur son bord interne et son bord externe des divisions tangentielles et à former à l'intérieur un parenchyme centrifuge et à l'extérieur un liège centripète.

Ce liège a les caractères suivants : ses cellules sont disposées en files radiales et en séries circulaires d'une parfaite régularité ; leurs parois sont extrêmement épaisses, surtout dans le cas où elles sont beaucoup plus allongées dans le sens tangentiel que dans le sens radial. Il arrive aussi que leur section transversale soit tabulaire. La subérification chimique de ce liège anatomique est très rapide : elle commence à se produire dès que les cellules formées dans le sens centripète par l'assise péricambiale ont épaissi leurs parois.

Plus le diamètre transversal de la racine augmente, plus mince est, relativement, l'appareil tégumentaire secondaire (parenchyme et liège). Ce phénomène, qui est assez général et sur lequel j'ai déjà appelé l'attention, est ici plus prononcé que chez les familles précédemment étudiées, les productions de l'assise péricambiale doublement génératrice étant moins abondantes chez les Ilicinées que chez ces autres familles.

Chez les plantes que je viens de décrire, il n'y a pas de démarcation nette entre le parenchyme issu de la membrane péricambiale et le parenchyme libérien secondaire : il est donc souvent très difficile, parfois même impossible de déterminer sur les coupes des parties âgées où commence l'un et où finit l'autre : ce qui peut aider le plus à les distinguer, c'est le sens suivant lequel ils se développent : le parenchyme libérien est centripète, tandis que le parenchyme dérivé de l'assise périphérique du cylindre central est toujours centrifuge.

Oléinées. — J'ai étudié dans cette famille le *Ligustrum ovalifolium*, le *L. japonicum* et le *Fraxinus excelsior*.

Les *Ligustrum ovalifolium* et *japonicum* présentant la même organisation, je décrirai seulement celle du *L. ovalifolium*. Lorsqu'on fait une coupe transversale d'une mince radicelle de cette espèce, on remarque que la forme triangulaire de la coupe est en rapport avec le nombre trinaire des faisceaux ligneux. L'écorce primaire y paraît considérable par rapport au cylindre central. Elle débute par une membrane pilifère très régulière, composée de petites cellules dont toutes les parois sont minces, blanches et cellulosiques. Au-dessous se trouve l'assise épidermoïdale, qui, après l'exfoliation de la membrane pilifère, épaissit sa membrane externe et fait fonction d'épiderme.

La membrane péricambiale est constituée par de grandes cellules à section transversale hexagonale, dont les parois radiales sont rectilignes et plus allongées que les autres parois. Toutes les cloisons de cette assise sont très minces, blanches et cellulosiques.

Aussitôt qu'apparaissent le bois et le liber secondaires, l'endoderme se distend; l'assise pilifère, puis le parenchyme cortical subissent la subérification chimique et s'exfolient. L'endoderme subsiste néanmoins pendant quelque temps, la paroi interne de ses cellules s'étant très fortement épaissie. Il est complètement subérifié et joue le rôle d'un épiderme jusqu'à ce que l'extension due aux formations secondaires en provoque la rupture en différents points, puis enfin la complète exfoliation.

En même temps que la zone génératrice du bois et du liber secondaire entre en fonction, la membrane péricambiale est le siège d'une double production : au-dessous de l'endoderme, et par voie centripète, elle engendre un épais manchon de liège dont les cellules tabulaires, disposées en séries radiales d'une parfaite régularité, conservent des parois relativement minces. A l'intérieur, la membrane péricambiale engendre par voie centrifuge un parenchyme secondaire composé de grandes cellules à parois minces et cellulosiques qui ne laissent entre elles aucun méat (fig. 64, 65).

Jusqu'ici tout est semblable à ce qui se passe chez les plantes dont j'ai précédemment exposé le développement. Mais voici la différence : chez les *Ligustrum ovalifolium* et *japonicum*, le parenchyme secondaire est limité à l'intérieur par une zone de fibres libériennes considérablement épaissies. Ces fibres se forment au début de la production du bois et du liber secondaires. Elles apparaissent d'abord à la partie périphérique du liber primaire : en suivant le développement de la racine, on les voit constituer progressivement un anneau presque complet qui sépare nettement l'ensemble du liber du parenchyme secondaire (fig. 64, 65).

J'ai cherché à déterminer en quels points de la membrane péricambiale apparaissent les premières divisions tangentielles dont elle est le siège. A son début, la production du liège et du parenchyme tégumentaire secondaire m'a semblé plus active en regard des faisceaux libériens ; mais d'autre part j'ai observé aussi dès le début la division de la membrane péricambiale en regard du bois primaire : je crois donc que toutes ses cellules commencent à se diviser à peu près au même moment, quoique d'une façon plus rapide, en regard du liber primaire.

Le bois et le liber secondaires continuant à s'accroître, les cellules du parenchyme tégumentaire secondaire sont étirées dans le sens tangentiel et subissent de fréquentes divisions radiales.

Ce parenchyme ne subissant pas d'exfoliation, le nombre de ses assises ne dépasse guère sept ou huit. Il en est tout autrement du liège, dont la surface externe s'exfolie constamment. Il ne cesse de se régénérer par l'assise interne. Considéré dans une partie âgée, il présente des cellules dont la section est celle d'un rectangle très allongé dans le sens tangentiel et très court dans le sens radial.

La racine du *Fraxinus excelsior* présente des phénomènes du même ordre. Pendant la période primaire (fig. 60), l'écorce est bien développée. L'assise pilifère offre des parois minces; ses poils, qui sont unicellulaires, acquièrent une grande longueur, tout en restant très minces. Le parenchyme présente les deux zones normales ; les cellules de la zone interne sont plus petites que celles de la zone externe. L'endoderme se compose de très petites cellules, dont les parois radiales sont extrêmement courtes.

L'exfoliation de l'écorce primaire est déterminée, comme d'ordinaire, par les formations secondaires du cylindre central. L'endoderme persiste pendant quelque temps, accolé au liège produit par la membrane péricambiale.

La période secondaire n'offre rien de particulier. Je dois seulement faire remarquer qu'ici, comme dans les deux exemples précédents, il est facile de suivre la formation du parenchyme tégumentaire secondaire, en ne perdant jamais de vue la limite qui le sépare du liber ; dès que l'arc générateur du bois et du liber secondaires, a fourni un anneau complet de bois, ce qui arrive avant toute exfoliation de l'écorce primaire, les fibres externes du liber primaire s'épaississent considérablement. On voit donc très nettement à la périphérie du liber primitif, au-dessous de la membrane péricambiale, des fibres épaisses d'une éclatante blancheur.

A ce moment, la membrane péricambiale n'a point encore fonctionné comme génératrice de tissus secondaires ; mais si l'on considère une partie un peu plus âgée de la racine (fig. 67), on reconnaît la présence d'un parenchyme entre cette membrane et les fibres blanches externes du liber. Evidemment il tire son origine de la membrane périphérique, ainsi que le liège qui s'est formé simultanément par voie centripète à l'extérieur (1). Il y a d'abord entre la membrane péricambiale et la file des cellules parenchymateuses, considérée au début de sa formation, une concordance parfaite, concordance qui se trouve dans la suite altérée par des divisions radiales.

A mesure que le liber secondaire se forme, il s'y produit des îlots de larges fibres épaisses et d'un blanc éclatant semblables à celles qui se produisent dans le liber primaire. Ces îlots sont étendus surtout dans le sens tangentiel ; ils sont plus grands et plus nombreux vers la partie externe du liber. Ils constituent donc une sorte d'anneau çà et là interrompu, qui marque nettement la limite interne du parenchyme tégumentaire secondaire.

---

(1) M. Alfred Jörgensen (*Bidrag til Rodens naturhistorie, Korkdaunelsen paa rooden*) a figuré la membrane périphérique du *Fraxinus excelsior* dédoublée en regard d'une fibre libérienne épaissie ; il montre que la formation subéreuse commence en ce point ; mais il ne dit pas, du moins dans le texte français, que la production d'un parenchyme secondaire centrifuge est concomitante.

Les cellules du liège sont disposées en séries concentriques et en séries radiales d'une grande régularité ; elles sont grandes et ont des parois minces ; leur section transversale est celle de carrés très légèrement déformés.

Cupulifères. — On retrouve encore chez les Cupulifères les traits dominants des Oléinées pour toute l'organisation du système tégumentaire de la racine.

Une coupe transversale d'une jeune radicelle de *Fagus sylvatica* montre une assise pilifère colorée en jaune, composée de cellules aplaties. Au-dessous est située la zone externe de l'écorce ; on n'y découvre aucun méat ; il y a, au contraire, de petits méats triangulaires dans toute la zone interne. Mais les cellules de cette zone sont en général irrégulièrement disposées comme sont celles de la zone externe.

L'endoderme est très net. Il se compose de petites cellules dont les parois radiales s'engrènent l'une avec l'autre.

L'écorce primaire est de bonne heure exfoliée. *Avant* la chute de cette écorce, la membrane péricambiale se divise en plusieurs assises et commence ainsi à former un parenchyme secondaire qui, comme chez les Oléinées, est limité à l'intérieur par les éléments externes, épaissis et encroûtés du liber.

Après l'exfoliation de l'écorce primaire, la membrane péricambiale donne un liège abondant dans le sens centripète.

Sur le *Quercus Suber* (2), le liège ne prend pas dans la racine plus de développement que chez les autres Cupulifères. Il ne

---

(1) Sur des racines gelées, j'ai constaté la lignification du parenchyme secondaire et la subérification des fibres du bois. Je me propose de revenir plus tard sur les modifications chimiques des éléments histologiques sous l'influence du froid.

(2) Je dois à l'obligeance de M. Naudin, directeur de l'Établissement botanique de la *Villa Thuret* à Antibes, d'avoir pu étudier le *Quercus Suber*. Il a eu l'amabilité de m'envoyer des racines et des tiges de cette plante, ce qui m'a permis de comparer les cellules subéreuses de ces deux membres. Je lui ai demandé de jeunes radicelles à une époque où il lui a été impossible de m'en donner, aussi n'ai-je pu assister à la production première du liège. Très probablement elle a lieu chez le *Quercus Suber* de la même façon que chez les espèces décrites ici. C'est pourquoi j'en parle à cette place.

se compose que de quelques assises ; ses cellules sont tabulaires et généralement beaucoup plus petites que dans la tige. Dans ce membre le liège présente plusieurs zones épaisses, dont chacune semble correspondre à une année de végétation. Ces zones sont limitées par des bandes de cellules subéreuses dont les parois sont un peu épaissies et colorées en rouge. Le plus souvent les cellules subéreuses de la tige sont allongées dans le sens du rayon ; leurs membranes tangentielles sont plissées.

RÉSUMÉ

A. — De l'examen qui précède je puis tirer cette conclusion :

Chez les Dicotylédones dans la racine desquelles j'ai constaté la chute de l'écorce primaire :

1° L'écorce ne donne naissance à aucun liège, à aucun tissu secondaire.

2° Elle ne s'exfolie généralement qu'après avoir subi sur place et dans le sens centripète la modification chimique de la subérification (1). Le plus souvent l'assise pilifère s'exfolie bien avant la chute des premières assises sous-jacentes ;

3° L'écorce primaire tombe d'autant plus tôt que les formations vasculaires secondaires du cylindre central sont plus précoces et plus abondantes.

4° Après l'exfoliation du parenchyme cortical primaire, l'endoderme subérifié peut rester quelque temps encore accolé à la membrane péricambriale ou aux tissus engendrés par cette membrane ; il remplit alors, mais seulement d'une façon transitoire, la fonction d'un épiderme protecteur ;

5° La membrane péricambiale subit vers son bord interne et son bord externe une série de divisions tangentielles continues. Cette segmentation est concomitante de la production

---

(1) J'entends par là qu'elle manifeste les réactions chimiques du Suber ; je n'en induis pas qu'elle possède la même composition élémentaire, aucune analyse n'ayant été faite à ce sujet.

du bois et du liber secondaires. Il est rare qu'elle la précède (*Aralia spinosa*, etc.) ou lui soit postérieure (*Viburnum Opulus*). En tout cas on peut dire qu'elle commence à peu près au même moment (Papilionacées, Composées, Caprifoliacées, Crassulacées, Cactées, Oléinées), et se poursuit pendant tout le temps que la racine organise des vaisseaux secondaires. C'est cette segmentation de la membrane péricambiale qui détermine la chute de l'écorce primaire.

La division tangentielle successive de cette membrane est souvent précédée d'une division radiale. Il en est ainsi lorsque la progression des faisceaux ligneux primaires vers le centre du membre nécessite l'extension du cylindre central. Alors on voit aussi l'endoderme se diviser (*Viburnum Opulus, Ilex aquifolium*, etc.).

La division dans le sens radial est la seule que j'aie observée dans la membrane protectrice de ces plantes.

6° Le cloisonnement tangentiel du bord interne de l'assise péricambiale est toujours *centrifuge:* il donne naissance à un parenchyme secondaire dont les cellules généralement grandes, après avoir été étirées dans le sens tangentiel, se divisent suivant la direction radiale ou quelquefois suivant une direction qui lui est oblique.

7° Le cloisonnement tangentiel du bord externe de l'assise péricambiale est *centripète;* il donne un liège dont les cellules offrent des caractères variés suivant les familles où on les considère, mais en général constants dans la même famille.

Entre ce liège et le parenchyme secondaire subsiste un arc générateur à jeu double, qui les régénère continuellement.

B. — Pour ne point compliquer les descriptions, j'ai omis à dessein de parler de l'intervention de l'assise périphérique du cylindre central dans la formation de la zone cambiale.

On sait que les arcs cambiaux, générateurs du bois et du liber secondaires, sont situés en dedans des faisceaux libériens primaires; aussi sont-ils impuissants à former une zone libérienne continue sans l'intervention de la membrane péricambiale. Celle-ci, se divisant tangentiellement en regard des faisceaux ligneux primaires, fournit un trait d'union aux arcs cambiaux isolés. Ainsi se constitue une zone cambiale non interrompue. Mais cette zone peut se comporter de deux façons : ou bien elle engendre sur tout son pourtour interne du bois secondaire et vers la périphérie un manchon continu de liber secondaire, comme c'est, par exemple, le cas des *Fraxinus*, et plus généralement celui des racines où les faisceaux primaires sont nombreux ; ou bien, ainsi qu'on le voit chez beaucoup de Composées, d'Ombellifères et d'Araliacées, les arcs cambiaux primitifs situés sous le liber primaire engendrent seuls des faisceaux secondaires, tandis qu'en regard du bois primaire la membrane péricambbiale organise des rayons parenchymateux qui alternent très régulièrement avec les faisceaux libéro-ligneux secondaires. Il en résulte que dans ce parenchyme on peut distinguer deux régions : la région interne comprise pour chaque rayon entre deux faisceaux de bois secondaire, et la région externe du parenchyme, qui sépare les masses libériennes secondaires.

CHAPITRE II. — DICOTYLÉDONES DONT LE SYSTÈME VASCULAIRE SECONDAIRE EST TARDIF.

Chez toutes les Dicotylédones de cette section, dont j'ai étudié le tégument radical, j'ai constaté que la membrane périphérique du cylindre central ne produit pas de liège et, lorsqu'elle se divise, n'engendre qu'un petit nombre d'assises cellulaires. Il y a lieu de distinguer parmi ces plantes celles qui sont herbacées et celles qui sont ligneuses.

§ 1. — Plantes herbacées

Chez ces Végétaux, communs surtout dans les familles des Renonculacées, Nymphéacées et Aristolochiées (1), je n'ai observé en aucune région du tégument la formation d'un liège en zone continue. Le parenchyme cortical primaire persiste ou s'exfolie jusqu'à l'endoderme exclusivement, *suivant la durée de la vie de la racine.* Il importe de remarquer à ce sujet que la racine peut bien n'être que bisannuelle ou même simplement annuelle, alors que la plante est vivace. Il en est ainsi chez beaucoup de végétaux qui sont, comme les *Delphinium*, pourvus d'un rhizome, ou se régénèrent chaque année, comme les Renoncules, au moyen de réserves nutritives accumulées à la base de leurs jeunes bourgeons.

---

(1) M. Van Tieghem a fait remarquer dans son *Mémoire sur la Racine* (pages 267 et suiv.) que chez les Nymphéacées et les Aristolochiées les vaisseaux secondaires se développent tardivement et en faible abondance, surtout chez les Nymphéacées. J'ai reconnu qu'il en est de même chez beaucoup de Renonculacées et particulièrement de Renoncules, chez plusieurs Gentianées, quelques Primulacées et certaines espèces appartenant aux familles des Polygonées, des Scrofularinées, des Jasminées et des Marcgraviacées.

RENONCULACÉES. — Les formations vasculaires secondaires des racines sont de plus en plus tardives et de plus en plus médiocres chez les *Thalictrum*, les Anémones et les Renoncules.

Les *Thalictrum* sont des plantes vivaces pourvues d'un rhizome. Sur toutes les racines de *Thalictrum lucidum* dont j'ai suivi le développement, j'ai toujours constaté qu'elles étaient âgées de moins de deux ans. Dans ces racines, les vaisseaux secondaires n'apparaissent pas très tardivement, de sorte qu'une grande partie de l'écorce primaire est exfoliée de bonne heure ; mais ces vaisseaux ne se forment qu'en petite quantité, ce qui n'entraîne qu'une très faible extension du cylindre central. Aussi l'avant-dernière assise corticale persiste-t-elle pendant longtemps autour de l'endoderme : elle se compose de grandes cellules isodiamétriques dont les parois s'épaississent légèrement et se subérifient (fig. 76).

L'endoderme est persistant ; il fait fonction d'épiderme (1). Il porte sur ses parois radiales des plissements qui sont très nets dans le jeune âge et deviennent moins visibles après que les cellules endodermiques ont subi chacune plusieurs divisions radiales pour suivre l'extension du cylindre central.

---

(1) M. Jörgensen, *loc. cit.*, a observé quelques divisions radiales et quelques divisions tangentielles dans l'endoderme des *Thalictrum*. Les cellules issues de ce cloisonnement ne me paraissent pas constituer un liège bien défini. J'ai constaté de semblables divisions chez les *Delphinium*.

Je n'ai constaté, dans cette racine, l'existence d'aucun manchon subéreux, tandis que j'en ai reconnu dans la tige et le rhizome de la même plante. M. C.-E. Bertrand (1) a donné une figure schématique très exacte d'une coupe transversale de la racine du *Thalictrum lucidum ;* il y indique la présence d'un liège abondant. L'auteur décrit sous ce nom un tissu qui n'est autre que le parenchyme tégumentaire secondaire centrifuge dont j'ai indiqué les caractères chez beaucoup de plantes. Pour justifier la qualification de liège qu'il lui donne, M. Bertrand fait remarquer que, selon lui, un tissu doit être défini par son origine et sa position. Je crois que la structure anatomique et le mode de formation doivent entrer aussi dans la définition. Or, je n'ai pas trouvé au tissu qualifié de subéreux par M. Bertrand les caractères morphologiques du liège.

Chez les *Delphinium*, Renonculacées annuelles, il n'y a pas non plus de liège, tout au plus s'en forme-t-il quelques cellules dans l'endoderme; la plus grande partie de l'écorce primaire de la racine s'exfolie. L'endoderme et les deux ou trois assises qui le recouvrent persistent toujours. Pour se prêter à l'extension du cylindre central, l'endoderme subit d'assez fréquentes divisions radiales. Les cellules du parenchyme cortical primaire sont d'abord fortement étirées dans le sens tangentiel. A la longue, elles subissent la subérification chimique, ainsi que l'endoderme. La membrane périphérique du cylindre central reste généralement simple ou présente seulement quelques divisions tangentielles isolées. Elle ne donne pas de parenchyme secondaire en zone continue.

Au contraire, chez les *Anemone*, l'assise péricambiale donne naissance, comme chez les *Thalictrum*, à un parenchyme secondaire centrifuge formant, dans les parties âgées, un anneau complet. Elle n'engendre pas de liège, l'écorce primaire étant persistante. Chez l'A. *pensylvanica* et l'A. *Pulsatilla*, l'assise épidermoïdale, de bonne heure mise à nu, se compose de grandes cellules arrondies, à parois brunes. Sur les parties âgées, les cloisons radiales se fendent, ce qui rend les cellules indépendantes; alors quelques-unes tombent, et ainsi a lieu leur exfoliation; cette exfoliation n'est pas complète, beaucoup de cellules épidermoïdales restant accolées au parenchyme sous-jacent. Le parenchyme cortical primaire se compose de grandes cellules qui s'élargissent et s'étendent surtout dans le sens tangentiel à mesure que les productions secondaires du cylindre central augmentent le diamètre transversal de la racine; enfin, quand elles ont acquis leurs plus grandes dimensions, elles se divisent par cloisonnement radial. Ces cellules ne laissent entre elles aucun méat, même au voisinage de l'endoderme. Leurs dimensions décroissent depuis la deuxième assise du parenchyme jusqu'à l'endoderme. Un grand nombre d'entre elles, surtout de celles qui sont situées vers la périphérie, portent des épaississements en forme de bandes réticulées, entrecroisées et quelquefois semi-spiralées.

---

(1) C.-E. Bertrand. Théorie du Faisceau in *Bull. Scient. du département du Nord*. 2ᵉ série, 3ᵉ année, 1880. Nᵒˢ 2, 3 et 4.

La membrane protectrice se compose de cellules relativement très petites : leurs parois, notamment leur paroi tangentielle externe, sont épaisses.

La membrane péricambiale est mince; elle donne naissance à un parenchyme secondaire centrifuge qui subit de fréquentes divisions radiales. Les réserves nutritives s'accumulent dans ce parenchyme et dans le parenchyme cortical primaire, qui est toujours persistant.

Les *Renoncules* (fig. 77) et les espèces du genre *Ficaria* sont de toutes les Renonculacées et, si l'on y joint les Nymphéacées, je crois qu'on peut dire de toutes les Dicotylédones, celles où les vaisseaux secondaires se développent le moins dans la racine. Ces plantes sont vivaces; mais, ainsi que je l'ai déjà fait observer, les racines des Renoncules ne durent jamais une année. Aussi est-ce à peine si très tardivement apparaissent dans le cylindre central de ces racines quelques vaisseaux secondaires.

En harmonie avec cette disposition du système vasculaire, l'écorce primaire est en totalité persistante. La membrane périphérique du cylindre central reste constamment simple ; elle engendre les radicelles, mais ne produit aucun tissu dans la racine à laquelle elle appartient. L'endoderme est constitué par de petites cellules dont les parois s'épaississent toutes uniformément.

Le parenchyme cortical, relativement très développé chez certaines espèces, se compose de grandes cellules arrondies à parois minces. Ces éléments sont disposés en séries irrégulièrement alternantes et, par les progrès de l'âge, laissent entre eux d'assez longs méats. Ils se développent dans le sens centrifuge. L'assise pilifère s'exfolie le plus souvent, tandis que les deux premières assises sous-jacentes épaississent un peu leurs parois et jouent le rôle d'un double épiderme (phot. 32, 33).

J'ai décrit plus haut (1) les modifications que présente l'écorce des Renoncules, suivant le genre de vie de ces plantes.

Quand on compare le système tégumentaire de la racine à celui de la tige chez les Renoncules, on est frappé du grand développement que l'écorce prend dans la racine et du petit nombre des assises dont elle se compose dans la tige. Dans ce dernier membre, les faisceaux vasculaires sont situés à une petite distance de la périphérie, et c'est aussi bien à l'intérieur du cercle qu'ils circonscrivent qu'à l'extérieur que s'accumulent dans le tissu cellulaire les réserves nutritives de la plante. Ces réserves sont de beaucoup plus abondantes dans la racine, et c'est uniquement à l'extérieur du cylindre central, dans le parenchyme cortical, qu'on les trouve.

Dans la tige comme dans la racine, le système tégumentaire des Renoncules ne présente point de liège : il est donc de tout point comparable au système tégumentaire des Monocotylédones, chez lesquelles ce tissu fait défaut (ex. : Racines grêles, telles que celles de l'*Oporanthus luteus*).

Chez la Ficaire (*Ficaria grandiflora*), bien que certaines racines se renflent en gros tubercules, les productions vasculaires secondaires sont aussi rares que chez les Renoncules (1). Aussi le parenchyme cortical primaire y est-il également persistant : il acquiert un développement considérable ayant surtout pour mission d'emmagasiner l'amidon : cette substance se localise principalement dans les plus grandes cellules de la zone moyenne de l'écorce ; elle est néanmoins abondante dans les autres régions ; on en trouve jusque dans l'assise pilifère elle-même, car cette assise est constamment persistante chez la Ficaire.

---

(1) 1° part., sect. 1, chap. II, § 2.

GENTIANÉES. — Dans la famille des Gentianées, les genres *Menyanthes* et *Villarsia* présentent une organisation qui les rapproche, quant à la racine, des Renoncules et des *Nymphæa*. Ainsi chez le *Menyanthes trifoliata* et le *Villarsia nymphoides*, les racines, en raison de la vie aquatique de la plante, n'offrent que des productions vasculaires secondaires extrêmement faibles.

Chez celles du *Menyanthes trifoliata* le parenchyme cortical primaire, qui est persistant, laisse entre ses cellules, à mesure qu'il s'agrandit, de grands méats qui livrent passage aux gaz. Ces méats sont très peu accusés, lorsque le diamètre de la racine est très-faible. Il en est ainsi chez les jeunes radicelles; l'assise pilifère s'y exfolie et par places les assises sous-jacentes s'accroissent en se divisant tangentiellement.

Les lacunes aérifères présentent un autre caractère chez le *Villarsia nymphoides* (fig. 63) ; elles affectent la disposition rayonnante que j'ai décrite chez les *Calla palustris*, les *Typha* et les *Pontederia*. Autour du cylindre central qui conserve pour ainsi dire continuellement son organisation primaire, on remarque un endoderme à parois minces, légèrement jaune, recouvert de quatre, cinq ou six assises de cellules à parois blanches et très minces, disposées en séries concentriques et en files radiales d'une grande régularité.

---

(1) M. Ph. Van Tieghem, dans son *Mém. sur la Racine*, p. 266, a signalé le *Ficaria ranunculoides*. comme offrant ce phénomène d'une façon remarquable.

La zone moyenne du parenchyme cortical ne se compose que de minces bandes rayonnantes de cellules séparées par des lacunes également allongées suivant le rayon. Dans le jeune âge ces lacunes n'existent pas.

La zone externe offre, quoique avec moins de régularité, les caractères de la zone interne : les trois ou quatre assises cellulaires qui la constituent y sont superposées : les méats que laissent entre elles les cellules, sont quadrangulaires. L'assise pilifère est le plus souvent exfoliée : l'assise épidermoïdale ne comprend que de très petites cellules, dont les parois sont un peu plus épaisses que celles des cellules sous-jacentes.

PRIMULACÉES. — Le *Samolus Valerandi* doit être rapproché des espèces précédentes sous le rapport de l'organisation primaire de sa racine, qui est extrêmement prolongée dans le cylindre central et qui persiste constamment dans le système tégumentaire. Les jeunes radicelles du *Samolus Valerandi* ont la même organisation que celles du *Villarsia nymphoides*. Lorsque les radicelles du *Samolus* s'accroissent, les cellules du parenchyme cortical se multiplient, surtout par voie de division tangentielle : elles laissent entre elles des méats quadrangulaires dont les dimensions augmentent en même temps que le diamètre de la racine.

SCROFULARINÉES. — La *Veronica pallida* présente l'exemple d'une Scrofularinée chez laquelle le système vasculaire secondaire, quoique un peu plus abondant que chez les espèces précédentes, est toutefois extrêment tardif. L'écorce primaire, qui atteint chez cette espèce une épaisseur considérable, puisqu'elle comprend jusqu'à environ 25 assises cellulaires, est toujours persistante, y compris l'assise pilifère elle-même. Cette assise se compose de grandes cellules à parois minces, un peu allongées dans le sens radial. Les assises sous-jacentes sont alternantes ; elles sont constituées par des cellules de moyenne grandeur, qui sont toutes arrondies et laissent entre elles de petits méats triangulaires ou quadrangulaires.

Les cellules ne sont superposées en files radiales que sur les trois ou quatre assises qui entourent l'endoderme. Les éléments de cette dernière membrane sont extrêmement petits. Lorsque apparaissent les vaisseaux secondaires ils se divisent radialement; ils conservent toujours des parois minces.

Polygonées. — Bien que la famille des Polygonées ne soit pas éloignée des Chénopodées, dont j'ai décrit la précoce exfoliation de l'écorce primaire, elle présente plusieurs espèces chez lesquelles le système tégumentaire primaire de la racine demeure absolument invariable : tel est le *Polygonum amphibium*.

Les productions vasculaires du cylindre central sont tardives et peu abondantes; l'endoderme, après s'être un peu étendu, subit un épaississement considérable ainsi que les deux ou trois assises qui le recouvrent : ainsi le cylindre central est entouré d'un anneau protecteur très rigide : les éléments de cet anneau paraissent subérifiés, car ils jaunissent sous l'influence du chloroiodure de zinc après avoir été traités par l'acide nitrique bouillant et lavés à l'eau.

Le parenchyme cortical qui entoure cet anneau se compose de cellules plus grandes : elles sont toutes disposées en assises très régulièrement superposées, dont le développement semble être centripète : elles laissent entre elles des méats quadrangulaires très prononcés. L'assise pilifère est presque toujours exfoliée.

Je n'ai jamais observé la moindre formation de liège dans cette racine, non plus que dans celles que j'ai décrites au présent paragraphe.

§ 2. — Plantes ligneuses.

Pipéracées. — Lors de l'organisation primaire; une coupe transversale de la racine d'une Pipéracée ligneuse : l'*Artanthe pothifolia*, montre un parenchyme cortical primaire très-développé : il se compose d'assez grandes cellules à parois minces dans lesquelles on ne peut encore surprendre aucune formation subéreuse, bien que l'assise pilifère soit exfoliée.

Cette organisation persiste pendant longtemps, car une série de coupes faites à des niveaux assez élevés permet de s'assurer que, lors de l'introduction des vaisseaux secondaires dans le cylindre central, l'écorce primaire ne subit aucune modification, si ce n'est que ses cellules se divisent à la fois dans le sens tangentiel et dans le sens radial. Ce n'est que lorsque le *diamètre tranversal* de la racine se trouve au moins quadruplé qu'apparaissent dans les assises externes de l'écorce les premières divisions tangentielles destinées à produire du liège. Le diamètre augmentant, le liège finit par former, mais toujours très tardivement, un anneau continu autour du parenchyme cortical primaire.

Les cellules de ce parenchyme, renfermant de l'huile et une grande quantité d'amidon, conservent constamment des parois très minces. Il en est de même de l'endoderme et de la membrane périphérique du cylindre central : ces deux membranes subissent de fréquentes divisions radiales : la dernière est aussi le siège d'un très petit nombre de divisions tangentielles, d'où procèdent des cellules de parenchyme secondaire ; ces cellules ne constituent guère plus de deux ou trois assises; leurs parois sont toujours minces.

CLUSIACÉES. — Dans cette famille, les racines acquièrent souvent un fort diamètre. Comme chez les *Artanthe*, l'écorce primaire persiste dans la racine de *Clusia Liboniana* ; ses cellules se multiplient par voie de division radiale et de division tangentielle, quand se forment le bois et le liber secondaires (1).

La cuticule de l'assise pilifère brunit et s'épaissit de bonne heure.

Les premières assises du parenchyme cortical donnent naissance à une mince couche de liège, mais tardivement, lorsque le diamètre de la racine s'est trouvé doublé ou triplé par les productions secondaires du cylindre central. L'assise pilifère et les premières assises du liège sont le plus souvent exfoliées.

---

(1) L'écorce présente des *laticifères* et des cellules sécrétantes, 1^re^ part., sect. I, chap. IV.

La membrane péricambiale ne subit en dedans et en dehors qu'un très petit nombre de divisions et finit par s'épaissir elle-même, cessant ainsi d'être génératrice. En s'épaississant, les éléments cellulaires externes qu'elle engendre se canaliculisent et s'encroûtent fortement. M.Ph. Van Tieghem a décrit un phénomène semblable chez la *Clusia flava* (2).

MARCGRAVIACÉES. — J'ai étudié les racines aériennes du *Ruyschia Souroubea*. Elles sont très remarquables par la persistance de leur écorce primaire et ce fait qu'elles peuvent acquérir une très grande longueur avant toute introduction d'éléments secondaires dans le cylindre central. Elles sont donc, de toutes les racines ligneuses que j'ai examinées, celles où les vaisseaux secondaires se forment le plus tardivement.

A cette organisation du cylindre central correspond une structure de l'écorce comparable à celle des Monocotylédones.

En effet, sur une coupe transversale pratiquée à une faible distance du sommet, on voit une assise pilifère déjà pourvue d'une forte cuticule, destinée à brunir considérablement dans la suite, puis un parenchyme cortical qui présente les deux zones normales, bien que d'une façon un peu irrégulière.

A un niveau un peu plus élevé, la membrane épidermoïdale est le siège d'un cloisonnement tangentiel centripète suivi de subérification chimique.

Le *liège* ainsi engendré est absolument comparable à celui qui se forme d'ordinaire chez les Monocotylédones. Il lui ressemble à la fois par son origine, sa situation et sa structure. Il se compose, en effet, de cellules à parois blanches, minces et flexueuses, beaucoup plus étendues dans le sens radial que dans le sens tangentiel. Le plus souvent les cloisons tangentielles des diverses cellules appartiennent à des circonférences différentes (fig. 72).

---

(1) *Loc. cit.*, p. 262

Le liège constitue un manchon relativement très épais autour de la grêle racine aérienne de *Ruyschia;* il se régénère constamment par sa face interne, et continue encore à s'accroître pendant que le bois et le liber secondaires se développent. Alors ses cellules les plus âgées se trouvent pressées contre l'assise pilifère; leurs parois radiales deviennent flexueuses, puis se replient sur elles-mêmes; bientôt les parois tangentielles s'accolent les unes au-dessus des autres et se colorent en brun. Les cellules plus jeunes conservent les caractères que j'ai précédemment décrits (fig. 72).

Dans les racines souterraines de la même plante, le liège est plus tardif.

Pendant le développement des formations secondaires, les cellules du parenchyme cortical épaississent leurs parois. Elles sont comprimées entre le cylindre central et le liège, qui les fait paraître d'autant plus irrégulières que la racine est plus âgée.

Je n'y ai point observé de divisions, soit radiales, soitt angentielles permettant un accroissement en rapport avec l'agrandissement du cylindre central.

Cette remarque s'applique aussi à l'endoderme.

Quant à la membrane péricambiale, elle ne subit que deux ou trois divisions tangentielles, sauf dans celles de ses cellules sur lesquelles s'appuient les faisceaux ligneux primaires; le tissu qui dérive du cloisonnement centrifuge de ces cellules relie les arcs générateurs du bois et du liber secondaires situés à la face interne du liber primaire, la racine est ainsi pourvue d'un manchon cambial qui organise du bois en dedans et du liber en dehors.

Le rayon issu de la membrane péricambiale au-dessus de chaque faisceau ligneux primaire reste parenchymateux ; ses parois demeurent cellulosiques, susceptibles d'être colorées en bleu par l'iode et l'acide sulfurique.

Les cellules qui dérivent des deux ou trois divisions centrifuges de la membrane périphérique à l'intérieur épaississent considérablement leurs parois, les encroûtent, ne communiquant entre elles que par de minces canalicules.

Jasminées. — A la suite des plantes que je viens de décrire, doit prendre place le *Jasminum humile*, un liège se formant dans l'écorce primaire de la racine comme chez le *Ruyschïa*.

RÉSUMÉ

De l'examen des Dicotylédones chez lesquelles le système vasculaire secondaire est tardif, il résulte que :

1° L'écorce primaire est d'autant plus persistante que les productions vasculaires secondaires sont plus tardives, et, pour les espèces herbacées, que la durée de la racine est moindre.

2° Aucun liège constituant un anneau complet ne se produit dans le système tégumentaire des espèces herbacées; et même chez la plupart de ces espèces aucune trace de cellule subéreuse n'est visible.

3° Un liège se forme dans le parenchyme cortical primaire des espèces ligneuses. Ce liège y occupe la même situation et y présente les mêmes caractères que chez les Monocotylédones; il est d'autant plus abondant que le diamètre du membre est plus grand; plus précoce dans les racines aériennes que dans les racines terrestres.

4° Chez ces espèces ligneuses, la membrane périphérique du cylindée central ne subit qu'un très petit nombre de segmentations tangentielles. Les cellules des assises externes qu'elle engendre sont dans certains cas susceptibles de s'épaissir et de s'encroûter, de façon à former un manchon protecteur autour de l'appareil vasculaire.

CONCLUSIONS.

Il résulte des faits exposés dans ce mémoire, que l'assise pilifère de la racine correspond non pas à l'épiderme de la tige, mais bien à l'une des assises sous-épidermiques de ce membre. C'est elle qui donne naissance au voile; lorsqu'elle s'exfolie, l'assise sous-jacente ou *épidermoïdale* revêt le plus souvent les caractères anatomiques d'un épiderme, et en joue le rôle physiologique.

Les tissus secondaires du tégument radical sont ou parenchymateux ou de nature subéreuse. Le parenchyme tégumentaire secondaire procède de l'assise périphérique du cylindre central, il se développe chez les Dicotylédones à vaisseaux secondaires précoces et les Gymnospermes; il n'y en a ni chez les Cryptogames vasculaires, ni chez la plupart des Monocotylédones, ni chez les Dicotylédones à vaisseaux secondaires tardifs.

Chez les Gymnospermes et les Dicotylédones à écorce primaire caduque, le liège dérive de l'assise péricambrale. Il se compose de cellules tabulaires dont les parois radiales sont très courtes. Il commence à se former en regard du liber primaire.

Chez les Dicotylédones ligneuses à vaisseaux secondaires tardifs, chez les Monocotylédones et les Cryptogames vasculaires, la production subéreuse s'effectue dans la zone externe du parenchyme cortical; chez ces végétaux, le liège se compose de cellules cubiques.

Dans la même espèce, le niveau de la racine où ce liège apparaît, dépend du diamètre transversal du membre et du milieu physique qui l'entoure. A égalité de diamètre, le liège est généralement plus précoce et plus abondant dans les racines aériennes que dans les racines souterraines.

EXPLICATION DES PLANCHES.

Abréviations : *e*, épiderme; — *c*, coiffe; — *a. pil.*, assise pilifère; — *p*, poils; — *v*, voile; — *a n°* 2, assise épidermoïdale (la deuxième du tégument); — *par.*, parenchyme; — *end.*, endoderme; — *a. pér.*, assise périphérique du cylindre central; — *scl.*, éléments scléreux; — *pros.*, prosenchyme; — *l.*, liège; — *périd.*, périderme; — *sub*^{de}, subéroïde; — *lib.*, liber; — *vais. lign.*, vaisseaux ligneux.

PLANCHE 1.

Les figures 1-7 m'ont été communiquées par M. Ch. Flahault.

Fig. 1. *Mirabilis Jalapa.* Coupe longitudinale de la radicule embryonnaire.

Fig. 2. *Mirabilis Jalapa.* Tigelle et radicule dans l'embryon.

Fig. 3. *Canna indica.* Radicule au début de la germination.

Fig. 4. *Canna indica.* Coupe de la radicule dans la graine mûre.

Fig. 5. *Bougainvillea spectabilis.* Coupe longitudinale de la radicule embryonnaire.

Fig. 6. *Oxybaphus viscosus.* Coupe longitudinale de la radicule et de la tigelle embryonnaires.

Fig. 7. *Mirabilis longiflora.* Coupe longitudinale de la radicule et de la tigelle embryonnaires.

Fig. 8. *Pontederia crassipes.* Coiffe et racine.

Fig. 9. *Philodendron Houlletianum.* Coupe transversale de la racine un peu au-dessous de la base du cône formé par la coiffe.

Fig. 10. *Phœnix dactylifera.* Coupe axiale de l'extrémité de la racine. (Je dois cette figure à M. Flahault,)

Fig. 11. *Pandanus heterophyllus.* Coiffe dont les assises externes subérifiées s'exfolient.

Fig. 12. *Epidendron crassifolium.* Coupe transversale de la racine loin du sommet.

PLANCHE 2.

Fig. 13. *Scindapsus pertusus.* Coupe transversale d'une racine grêle loin du sommet.

Fig. 14. *Imantophyllum miniatum.* Schéma de la coupe longitudinale de l'extrémité de la racine.

Fig. 15. *Imantophyllum miniatum.* Coupe transversale d'une racine loin du sommet.

Fig. 16. *Imantophyllum miniatum.* Schéma de la coupe transversale à travers la coiffe près du sommet.

Fig. 17. *Agave glauca.* Coupe transversale de la racine loin du sommet.

PLANCHE 3.

Fig. 18. *Vanilla planifolia.* Coupe transversale de la racine très loin du sommet, au niveau où l'assise pilifère commence à s'exfolier. Les cellules épidermoïdales sont fortement épaissies en fer à cheval et subérifiées.

Fig. 19. *Calla palustris.* Coupe transversale de la racine loin du sommet.

Fig. 20. *Vanilla planifolia.* Coupe transversale de la racine à un niveau supérieur à celui où l'assise pilifère s'exfolie. Toutes les parois des cellules épidermoïdales sont alors épaissies.

Fig. 21. *Anthurium nitidum.* Coupe transversale de la zone interne de la racine loin du sommet.

Fig. 22. *Scindapsus pertusus.* Coupe transversale d'une grosse racine loin du sommet, au niveau où apparaissent les premières cellules scléreuses de la zone interne du parenchyme cortical.

Fig. 23. *Pontederia crassipes.* Coupe transversale de la racine loin du sommet.

Fig. 24. *Agave glauca.* Coupe transversale de la racine loin du sommet, montrant un épais anneau de cellules scléreuses autour de l'endoderme.

Fig. 25. *Typha latifolia.* Coupe transversale de la racine loin du sommet. L'endoderme se compose de cellules épaissies en fer à cheval et subérifiées. La zone interne du parenchyme cortical offre les caractères normaux ; la zone moyenne de grandes lacunes rayonnantes. La subéroïde forme à la périphérie, au-dessous de l'assise pilifère, un manchon continu d'une grande épaisseur.

Fig. 26. *Raphidophora pinnata.* Coupe transversale de la zone interne du parenchyme cortical d'une grosse racine loin du sommet.

PLANCHE 4.

Fig. 27. *Smilax excelsa.* Coupe transversale des cellules endodermiques de la racine loin du sommet.

Fig. 28. *Marsilea quadrifolia.* Coupe transversale de l'endoderme et de l'assise périphérique de la racine.

Fig. 29. *Caryota urens.* Coupe transversale de l'un des faisceaux fibreux du parenchyme cortical de la racine.

Fig. 30. *Equisetum Telmateya.* Coupe transversale d'une partie âgée de la racine.

Fig. 31. *Marsilea quadrifolia.* Coupe transversale d'une partie âgée de la racine.

Fig. 32. *Lilium superbum.* Coupe transversale de la racine loin du sommet.

Fig. 33. *Equisetum telmateya.* Coupe transversale de la racine.

Fig. 34. *Smilax excelsa.* Coupe transversale de la racine près du sommet, avant l'apparition des premiers vaisseaux du cylindre central.

Fig. 35. *Philodendron Houlletianum.* Coupe transversale de l'assise périphérique du cylindre central et de l'endoderme de la racine.

Fig. 36. *Smilax Sarsaparilla.* Coupe transversale de l'endoderme de la racine, très loin du sommet.

Fig. 37. *Caryota urens.* Coupe transversale de l'assise périphérique et de l'endoderme de la racine loin du sommet.

Fig. 38. *Oporanthus luteus.* Coupe transversale du cylindre central et de l'endoderme de la racine loin du sommet.

PLANCHE 5.

Fig. 39. *Marsilea quadrifolia.* Coupe transversale d'une partie jeune de la racine.

Fig. 40. *Iris squalens.* Coupe transversale de la périphérie de la racine.

Fig. 41. *Iris germanica.* Coupe transversale du cylindre central et de l'endoderme de la racine.

Fig. 42. *Asphodelus albus.* Coupe transversale d'une radicelle.

Fig. 43. *Iris germanica.* Coupe transversale du liège de la racine.

Fig. 44. *Monstera repens.* Coupe transversale de l'assise pilifère, de l'assise épidermoïdale génératrice de liège dans la racine.

Fig. 45. *Phalangium humile.* Coupe transversale du cylindre central et de la zone interne du parenchyme cortical d'une partie âgée de la racine.

Fig. 46. *Asphodelus albus.* Coupe transversale du liège centripète irrégulier du tubercule radical.

Fig. 47. *Philodendron Houlletianum.* Coupe transversale des cellules scléreuses et du liège de la racine.

Fig. 48. *Philodendron Houlletianum.* Autre aspect du liège dans la racine.

Fig. 49. *Asphodelus albus.* Coupe transversale du liège centripète intermédiaire du tubercule de la racine.

PLANCHE 6.

Fig. 50. *Imantophyllum miniatum.* Coupe transversale du voile, de l'assise épidermoïdale et du liège d'une grosse racine dans sa partie *aérienne.*

Fig. 51. *Scindapsus pertusus.* Coupe transversale du liège et du périderme d'une *grosse* racine *aérienne* loin du sommet.

Fig. 52. *Asparagus officinalis.* Coupe transversale du subéroïde de la racine.

Fig. 53. *Strelitzia augusta.* Coupe transversale d'un renflement du subéroïde de la racine.

Fig. 54. *Pandanus stenophyllus.* Coupe transversale de l'appareil tégumentaire de la racine.

Fig. 55. *Dracœna Draco.* Coupe transversale du subéroïde de la racine.

Fig. 56. *Taxus baccata.* Coupe transversale de l'assise périphérique du cylindre central et de l'endoderme de la racine.

Fig. 57. *Sequoia sempervirens.* Coupe transversale de l'endoderme et de la zone interne du parenchyme cortical de la racine.

Fig. 58. *Pinus halepensis.* Coupe transversale du liège de la racine.

Fig. 59. *Raphidophora pinnata.* Coupe transversale de l'assise pilifère et du liège de la racine.

PLANCHE 7.

Fig. 60. *Fraxinus excelsior.* Coupe transversale de la racine à la fin de l'organisation primaire.

Fig. 61. *Fraxinus excelsior.* Coupe transversale d'une jeune tige.

Fig. 62. *Pelargonium zonale.* Coupe transversale du liège de la tige.

Fig. 63. *Villarsia nymphoides.* Coupe transversale de la racine.

Fig. 64. *Ligustrum ovalifolium.* Coupe transversale de la racine.

Fig. 65. *Ligustrum ovalifolium.* Coupe transversale de la racine.

Fig. 66. *Faba vulgaris.* Coupe transversale de la zone externe du parenchyme cortical lors de l'organisation secondaire du cylindre central.

Fig. 67. *Fraxinus excelsior.* Coupe transversale de la racine pendant la période secondaire.

Fig. 68. *Faba vulgaris*. Coupe transversale de la zone interne de l'écorce et du parenchyme tégumentaire secondaire de la racine.

Fig. 69. *Echinops exaltatus*. Coupe transversale de la racine montrant les divisions radiales de l'endoderme et les canaux oléifères.

PLANCHE 8.

Fig. 70. *Faba vulgaris*. Coupe transversale du cylindre central et de l'endoderme de la racine à la fin de la période primaire.

Fig. 71. *Faba vulgaris*. Coupe transversale du cylindre central et de l'endoderme de la racine pendant la période secondaire.

Fig. 72. *Ruyschia Souroubea*. Coupe transversale du liège cortical de la racine.

Fig. 73. *Taraxacum densleonis*. Coupe transversale de la racine.

Fig. 74. *Opuntia glauca*. Coupe transversale du liège et du périderme de la racine.

Fig. 75. *Sambucus villosa*. Coupe transversale du cylindre central et de l'endoderme de la racine à la fin de la période primaire.

Fig. 76. *Thalictrum lucidum*. Coupe transversale de la racine.

Fig. 77. *Ranunculus sceleratus*. Coupe transversale de la racine loin du sommet.

Fig. 78. *Potentilla Anserina*. Coupe transversale du liège de la racine.

Fig. 79. *Archangelica officinalis*. Coupe du liège de la racine.

CATALOGUE DES PLANTES

PHANÉROGAMES ET CRYPTOGAMES VASCULAIRES

DE LA GUYANE FRANÇAISE

Par M. le Dr P. SAGOT,
Ancien chirurgien de marine, etc.

ANONACEÆ.

Anona muricata L. colitur; vulgo *Corossol.*

A. montana Mac-Fad., vulgo *Corossol sauvage.*

Proxima *A. muricatæ* sed distincta, trunco robustiori, foliis paulo latioribus, fructu magno subrotundo tuberculis stylaribus brevissimis, seminibus non atrobrunneis sed subfulvis, circa hilum coronam piloso-squammulosam (ut observaverat D. Duchassaing) præbentibus. Passim in littore. Vidi ad vicum Mana, certe spontaneam? Perrottet legit.

A. squamosa L. colitur; vulgo *Pomme canelle.*

A. paludosa Aublet. Abunde crescit in Guyana, sed non solo paludoso. Vulgo *Guimamé.* Fructus edulis, paucioris saporis. Semina parva. Species, quanquam petala sex præbeat, *An. sericeæ* affinis.

A. sericea Dun.; vulgo *Guimamé savane.* Vulgaris.

A. echinata Dun. Vulgaris.

An. sericea et *An. echinata* in tempestate pluviosa. Aliquando petala interiora parva angusta, subabortiva, præbent.

A. longifolia Aubl., t. 248. *An. sphærocarpa* Splitg. ex descr. *Fusæa* Bail.

Species insignis, flore ab aliis *Anonis* satis diversa, sed fructu carnoso polycarpo, ad *Anonas* arcte accedens. Caulis

subsarmentosus. Calix magnus aliquando usque ad basim trifidus, aliquando apice brevissime aperto tridentatus et in anthesi irregulariter ruptus. Petala magna, sericeo-pilosa, margine imbricata, ovato-spathulata, interiora paulo majora. Stamina exteriora sterilia, in appendices petaloideos parvos conversa. Fructus globosus, lævis, areolatus, virens, magnitudine aurantii. Caro ex Aublet et Mélinon rubens, gustui grata, edulis. Semina parva.

Crescit in sylvis satis frequens, sed raro potest collegi; vidi fructum ultra manus facultatem.

A. punctata Aubl., tab. 247. In herbario Parisiensi deest. Species ab Aubletio in Sinnamari superiore lecta, affinis *An. longifoliæ* quoad fructum, sed floribus parvis prædita.

A. Ambotay Aublet, tab. 249. In herbariis parisiensibus deest. Ab Aubletio in sylvis Sinemariensibus lecta. Insignis foliis subtus tomentosis et flore parvulo.

Duguetia quitarensis Benth. *Anona lepidota* Miquel. In sylvis Guianæ forsan non valde rara, sed raro a botanicis lecta. Squammulis lepidotis, punctiformibus in foliis junioribus numerosis, et calice magno, facile agnoscitur. Flores bracteis non stipati; petala imbricata; fructus magnus, rotundatus, coriaceus, siccus, carpidiis distinctis caducis.

Coll. Sagot, n° 1195, Kappler, n° 1686, Mélinon; variat foliorum et petalorum forma.

D. inconspicua Sagot, coll. n° 1096.

Suffrutex in sylvis densis crescens. Ramuli pubescentes. Folia oblonga, apice acuminata, subsessilia aut brevissime petiolata, adulta præter nervum medium glabrescentia, magnitudine mediocri. Flores parvi, axillares, pedunculo brevi bracteolato suffulti. Calix trisepalus, sepalis cordiformibus apice acuminatis. Petala sex, membranacea, puberula, lanceolato-acuminata, calice bis aut ter longiora, basi incrassata. Petala interiora exterioribus paululo longiora. Fructus parvus, coriaceus, siccus, globosus, carpidiis maturis distinctis, caducis, pyramidato-rotundatis. Maroni, Ile Portal.

Species *Anonæ hæmatanthæ* Miquel (Duguetiæ?) aspectu subsimilis, sed glabrior et præsertim flore diversissima. In flore *An. hæmatanthæ* enim petala exteriora sunt crassissima, et petala interiora sunt nulla aut rudimentaria.

Genus *Duguetia* petalis imbricatis et fructu coriaceo, sicco, carpidiis maturis caducis formato, distinctum, arcte affinis *Anonis* permanet. In genere *Rollinia* inveniuntur fructus coriaceo-lignosi et fructus carnosi edules.

Aberemoa guianensis Aublet, tab. 245. Var. *glabrescens*.

Legerunt Perrottet et Poiteau. Herb. Mus. Paris., specimina imperfecta.

Typus proprius Aubletii ramulis tomentosis, foliis leviter pubescentibus; in herbariis parisiensibus deest. Plantam fructiferam, fructu nondum perfecte maturo, Aublet ad ripas Sinamari superioris legerat.

Rara et pulcherrima planta nondum bene nota, insignis foliis maximis, fructu carnoso, carpidiis incomplete coalitis; videtur *Anonæ* affinis.

Rollinia resinosa Spruce. *R. glaucescens* Miquel.

In sylvis et cultis derelictis nova sylva obtectis abundantissime crescit. Variat foliis latioribus et majoribus aut minoribus et oblongis, supra lucidis, subtus opacis aut glaucis. Odorem resinosum non observavi. Fructus coriaceus, parvus, globosus. Flores solitarii aut 2-3 fasciculati.

R. pulchrinervia Alph. DC.

Colitur sub nomine *Abriba*. Fructus carnosus, edulis, sublutescens, squammosule areolatus, magnitudine aurantii majoris. Flores odorati. Colui et vidi florentem, sed fructum non observavi. Fructum descripsit et communicavit am. Bar.

Anaxagorea acuminata Saint-Hil. *An. brevipes* Spruce. *Xylopia acuminata* Dun. Prodr.

In sylvis abundantissime crescit. Flores odorati, axillares, aut e ligno ramorum, etiam e trunco prodeuntes.

A. prinoides Saint-Hil.

Gracilior. Flores longe pedunculati. Rara. Martin legit.

Xylopia frutescens Aubl., tab. 242.

X. nitida Dun.

Martin, Sagot, coll. nº 1046. Var. *longifolia.* Robustior; folia longiora. In sylvis frequens. Sagot, coll. nº 940.

X. grandiflora Saint-Hil., tab. *Uvaria zeylanica* Aubl. tab. mala var. *longifolia; Unona xylopioides* DC.; *Xylop. longifolia.* A. DC. Maroni, Mélinon.

Unona viridiflora Splitg. *Porcelia.*

Folia ovalia, subsessilia, glabra. Flores pedunculati, laterales. Calix 3-sepalus parvus. Petala 6, calice multo longiora, imbricata, ovato-rotundata, interiora paulo majora. Carpella 4, 6, torulosa, oblonga, glabra, semina 3 aut 6 continentia. Frutex jam junior florens in sylvis, forsan ulterius subsarmentose scandens. Flos, nondum plane expansus, virens.

Rara. Maroni; Ile Portal. Sagot nº 1097, Mélinon, Perrottet.

Unona crassipetala DC. Videtur *Guatteriæ* species.

Unona fuscata DC. speciem proximam constituere videtur.

Unonæ obtusifloræ DC. specimen non vidi.

Trigyneia rufescens Baill.

Sarmentosa scandens; rami lignosi graciles, ramose fasciculati. Folia lanceolata, magnitudine mediocri, adulta supra lucida glabra, subtus opaca in nervis præcipue rufo-puberula. Ramuli juniores puberuli. Flores parvi, parum aperti, pedicellati, in racemos subpaniculatim compositos dispositi, paniculis rufo-tomentosis e ligno ramulorum enatis. Alabastrum globosum. Calix parvus trigonus. Petala crassa, cordiformi-trigona, valvata. Stamina brevia. Fructus conflatus carpellis nonnullis crasse pedicellatis, glabris, globosis, maturis verisimiliter coriaceis.

Maroni; Mélinon.

T. Perrottetii var. *lanceolata* Baill.

Rami virgati, glabri, graciles. Folia lanceolata glabra, quam in *Trigyneia rufescenti* magis acuminata. Flores parvi, longe pedicellati, fasciculatim e ligno rami prodeuntes. Carpella fructus junioris glabra, pedicellata, primum leviter carnosula et in sicco depressa, semen unicum continentia. Maroni; Mélinon.

In *Anona Perrottetii*. Alph. DC. Walp. rep. 1 typico, cui plantam ut varietatem Baillon refert, folia e descriptione videntur latiora, obtusa. Flores solitarii extra axillares pedicellati.

T. guatterioides Baill. *Uvaria guatterioides* DC. Omni parte robustior. Variat foliis majoribus aut minoribus, floribus solitariis vel in inflorescentiam paucifloram dispositis, carpellis fructus numerosioribus aut paucioribus, pedicellatis, stipite carpello æquilongo.

Raro lecta in sylvis. Martin, Leprieur, Perrotet, Mélinon.

Genus *Trigyneia*, hinc *Unonæ*, hinc *Guatteriæ* affine, male definitum manet. Caulibus scandentibus, floribus pedicellatis lateralibus, carpellis stipitatis, ut plurimum monospermis, ad *Guatterias* accedit. Differt petalis crassioribus, in alabastro valvatis, in anthesi erectis nec patentibus, stipite carpelli crassiori breviorique, carpello in fructu maturo verisimiliter coriaceo, floribus minoribus sæpius in inflorescentiam paucifloram aut multifloram aggregatis.

Guatteria Ouregou † *Cananga Ouregou*, Aublet, tab. 244, var. *latifolia*.

Gu. Ouregou occurrit passim in sylvis. Fruticem erectum præbet, jam junior floret, ad altitudinem arboream serius accrescit. Forsan aliquando subscandens occurrit. Diagnoscitur in vivo pedicellis carpellorum amœne carmineo purpureis.

G. podocarpa DC.

In sylvis rarior. Perrottet legit. Ipse vivam circa Cayenne observavi. Diagnoscitur pedunculis floralibus et ramulis novellis pilos sparsos longiusculos præbentibus, calice tomentoso, foliis angustioribus quam in *Gu. Ouregou*, lanceolatis. Pedicelli carpellorum in vivo virentes, paululo longiores quam in *Gu. Ouregou*. In herbario Prodromi specimen *Gu. Ouregou* cum vera *Guatteria podocarpa* mixtum vidi.

G. brevipes DC.

In sylvis passim. Vivam observavi, altissime scandentem ad arbores, trunco gracili flexuoso sarmentoso, flores usque ad basim trunci, initio tempestatis pluviosæ ferente. Flores odoratissimi. Pedicellum carpello subæquilongum aut subbrevius, virens. Folia ovato-oblonga, coriacca, glabra.

Coll. Sagot, n° 11.

G. crassipetala DC. sub *Unona crassipetala*.

Martin solus legit. Specimina florifera. Fructus ignotus. Proxima *Gu. brevipedis*. Flos paulo major, longius pedicellatus. Petala crassa, longiora, post florem apertum leviter accreta et paulo inflexo-deformata. Folia ovata.

G. elongata Benth. Walp. rep. 2.

Species rara, male nota, insignis foliis oblongo-elongatis maximis, in Guyana gallica lecta fructu juniori prædita, et ulterius a meipso fructu accreto non perfecte maturo, collecta. Forma foliorum convenit cum speciminibus floriferis in Guyana anglica a cl. Schomburg lectis, quanquam folia speciminis Schomburgkiani, juniora equidem, sint minora et subtus puberula, et planta arborea dicatur.

Flores magni, nondum expansi, alabastrum sericeo-villosum, pedicelli florales e tuberculo squammulifero prodeuntes, vestigium inflorescentiæ ramosæ abortivæ præbenti.

Folia in speciminibus Guyanæ gallicæ glabra ; caulis sarmentose scandens. Carpella longe pedicellata, pedicello robusto, matura ovata, pedicello subbreviori aut subæqui-longo. Fructus immaturus croceus.

MENISPERMACEÆ.

Abuta oblonga Miers. *Ab. rufescens* Aubl., tab. 250, forsan cum sequenti confusa.

Var. *angustifolia; Ab. Melinoniana.* In sylvis rara.

A. barbata Miers.

Major, hirsuto pilosa. Rara.

Cl. Guillemin legerat in provincia Rio-Janeiro et in schedula *Cocculum macrophyllum* nominaverat. Herb. Mus. Par.

(*Ab. amara* Aubl., ut censuit cl. Triana videtur *Aristolochiæ* species.)

Ab. candicans Rich. DC. Prodr. mihi incerta permanet. Specimen nullum vidi.

Sychnosepalum Sagotianum Eichl. flor. bras.

Habitus *Abutæ*, sepala perianthi floris masculi numerosa. Folia cordiformi-oblonga, subtus molliter tomentosa. Flores masculi tantum noti, racemose dispositi.

Coll. Sagot, nº 19, semel lectum in Karouany.

Sciadotænia cayennensis Miers.

Species habitu præsingularis, sparse crescens, jam. a botanicis 4 au 5 collecta, sexum fœmineum tantum usque adhuc præbuit. Insignis floribus minimis, solitariis, longissime pedicellatis, pedicello gracillimo pendenti, et carpellis in fructu crasse pedicellatis, umbellatim dispositis.

Folia ovata acuminata, glabra, 3-5 nervia, magnitudine media. Caulis scandens.

Cocculus tamoides DC. Prodr.

Specimen non vidi. Synonymum incertum est *Chondodendrum tomentosum* R. Pav. quod ex flora Bras. circa Cayenne lectum fuit.

C. concolor Miers. Sub. *Anelasma, Abuta concolor* Eichl. *Cocculus lævigatus* Mart. Spruce.

In sylvis, non infrequens, sparse crescit. Suffrutex habitu similis *Cocculo laurifolio* qui in caldariis Europæ colitur.

Pachygone graciliflora † *Hyperbaena* Miers.
Coll. Sagot, nº 833, mascula.

Specimen fœmineum legit Perrottet.
Eichler in flora bras. cum *Pach. domingensi* conjunxit.

Anomospermum Schomburgkii Miers. Non infrequens.

Cissampelos andromorpha DC. *microcarpa*, var. *ebracteata* Griseb. Frequens.

Forma constans.

In flora Brasiliensi cl. Eichler distinguit *C. fasciculatam* Walp. rep. 2 ad quam specimina mea retulit, in Brasilia boreali et Guyana crescentem, et veram *C. andromorpham* DC. quam simillimam fatetur, sed diversam putat racemis fœmineis, et cymarum mascularum indole, ramulis nempe omnibus vel longe plerisque suboppositis et ad omnes divisuras constanter bracteatis.

Tabula Delessert icon. select. *C. androm.* mihi aspectum plantæ sæpius a me variis locis collectæ bene præbuit.

Planta viva mihi inflorescentias masculas modo magis numerosas, magis diffusas, modo pauciores minores obtulit. Suspicor plantam ad initium tempestatis pluviosæ primum abundantius florere, dein mensibus variis inflorescentias pauciores minores aliquando proferre. Forsan inflorescentia major ad divisuras bracteolas nonnullas præbet, in inflorescentia minori deficientes. Ulterius observandum est.

Ciss. andromorpha, me judice, a *C. microcarpa* specifice differt, non tantum defectu bractearum sed petiolo vix exacte ad marginem folii inserto, nec conspicue peltatim disposito. Folia sæpissime vidi supra parcius subtus abundantius pubescentia, tamen semel circa Cayenne glabra observavi.

NYMPHÆACEÆ.

Cabomba aquatica Aublet.

Nymphœa amazonum Martius. Valde frequens, præsertim in littore. Flores quam in *N. alba* Europæ paululo minores.

Var. *forma submersa.*

Formam foliis leviter dentatis in Maroni legi et Mélinon.

CAPPARIDEÆ.

Cleome gigantea L., rara. Cayenne. Caulis 2 metr. alta. Flores maximi, virentes.

C. speciosa Vahl. Eclogæ? non Fl. bras. culta in hortis. Flores rosei, folia glabra. An. syn. *Cl. rosea* Vahl, Flor. bras. tab.?

C. Hostmanni Miquel.

Rara. Legi ad flumen Mana, juxta vicum indicum. Parce spinosa. Flores albi, subparvi, longissime racemosi.

Flora brasiliensis traxit hanc speciem ad *Cl. latifoliam* Vahl, in Guyana indicatam, quæ tamen in Prodromo dicitur inermis.

C. aculeata L., valde frequens, præsertim in littore.

C. guyanensis Aubl. *Physostemon intermedium* Moric. Crescit in littore; rara.

Gynandropsis palmipes DC., cujus specimen authenticum in herbario prodomi vidi, est forma *G. pentaphyllæ*, quæ, forsan subspontanea, creverat circa Cayenne. Nuper non collecta fuit.

Cratæva gynandra L. In littore frequens. In insulis Salutis abundantissime crescentem observavi. Multum variat staminibus longioribus et brevioribus e parte sterilibus, gynophoro prælongo aut breviori, verosimiliter sexu masculo aut fœmineo præminente.

Folia adulta magna. *Crat. Tapiam* et *Cr. acuminatam* esse formas suspicor.

Capparis frondosa Jacq. In littore.

C. Yco. Flora bras. tab. var. *guianensis.*

Solus Martin legit specimen fructiferum sine floribus. Herb. Mus. Par. Folia lanceolata, magna, glabra, subcoriacea, quam in tab. flor. bras. longiora. Fructus sphæricus magnus glaber, longissimo pedunculo erecto suffultus, nuce major.

C. pulcherrima Jacq. e tabula aliquid similitudinis quoque præbet sed folia latiora apice obtusa; fructus globosus, major, gynophoro breviori insertus, vix breviter pedunculatus. Circa Carthagenam Jacquin legit.

BIXINÉES.

Bixa orellana L. colitur; vulgo *Rocou.* Ab Indis ante Europeorum adventum usitata.

Var. forma capsulis oblongioribus, setibus paucis brevibus armatis.

Banara guyanensis Aubl., tab. 217. Satis frequens.

Ryania speciosa Vahl, tab.

In sylvis frequentem observavi. Multum variat stylo prælongo aut brevi, stigmate 5-tuberculato aut rarius breviter 5-fido, staminibus longioribus aut paulo brevioribus, floribus subsessilibus aut conspicue pedunculatis, ovario subsessili aut stipitato, nectario tubæformi ovarium cingente manifesto, aut brevissimo, etiam nullo?

Abunde florentem sed paucos fructus ferentem observavi. Suspicor sexum masculum aut fœmineum in speciminibus observatis præminere. Perianthum amœne roseum, stamina purpurea.

Cl. Eichler *R. Sagotianam* descripsit in flora bras. floribus pedunculatis, sepalis caducis, ovario stipitato ab *R. speciosa*, aliis botanicis in Guyana aut insula Trinitatis collecta, distinctam. Formam tantum esse censeo.

Tabula Vahl a me attente examinata præbet sepala apice acuta, persistentia, sed descriptio flores amœne coloratos monet. Fructus mediocri magnitudine figuratur, sepala persistentia vix excedens, sed descriptio fructus sæpe majores esse monet; fructus superficies excavato-lacunosa depingitur, ut vidi fructum *R. parvifloræ* in vivo. L. Cl. Richard in sylvis Guyanæ *R. speciosam* invenit et observavit fructum diversum a tabula Vahlii et majorem. Ipse vidi fructum nondum maturum, magnitudine pomi minoris, sphæricum, superficie lævi, nec lacunose exsculpta, pariete crassissima.

R. parviflora Griseb. *Patrisia parviflora* DC.

Suffrutex humilis, toto anno florens, in sylvis valde frequens. Flos minor, sepala apice acuta, virentia, persistentia. Stamina purpurea, pilorum corona, nec annulus tubiformis, ovarii basim cingens. Stylus apice 5-fidus. Fructus superficies lacunose exsculpta cristulis irregulariter dentatis cum lacunis alternantibus. Paries fructus non crassa, tarde dehiscens.

Tabula Delessert leviter differt a speciminibus a me collectis. Fructus oblongior, superficie non cristulato lacunosa.

R. bicolor. *Patrisia* DC.

Rarissima species in solo herbario DC. servata. Folia subtus incano-puberula. Flores rari in axe brevissimo recurvo ad axillas foliorum dispositi.

Tachybota guianensis Aubl., t. 112.

In herbario Parisiensi deest. Planta ab Aubletio in Sinamari superiore collecta.

Mayna odorata Aubl., t. 352, *Dendrostylis odorata* flor. bras.

In sylvis rara.

Xylosma nitidum As. Gr. *Roumea coriacea* Poit.

Species in Columbia et Brasilia frequens, in Guyana gallica valde rara, ab unico collectore lecta.

Herb. Mus. Par.

VIOLARIEÆ.

Calyptrion Aubletii Ging. Prodr. *Viola hybanthus* Aubl., t. 319. *Corynostylis* Martius.

In sylvis rara. Flores albos vidi.

Ionidium longifolium. *Noisettia longifolia* H. B.

Raro collectum. *Nois. orchidiflora* Rudg. Sub *Viola* videtur non specifice differre, ut censuit Flora brasil.

I. viscidulum Kunth.

In Maroni superiore.

I. poaya St-Hil. *Viola itoubou* Aubl., t. 318.

Pombalia itoubou Ging. Prodr.

Ad littus maris. Flora Brasiliensis distinguit *I. poaya* St-Hil. a *I. ipecacuanha* Vent. syn. *Viol. itoubou* Aubl., sed proximum fatetur.

Alsodeia flavescens Spreng. *Conohoria flavescens*.

Aubl., t. 95. *Passoura guianensis* Aubl., t. 380.

Alsodeia pubiflora Benth et *A. brevipes* Benth. Suffrutex in sylvis valde frequens. Flores albi. Variat floribus glabris aut puberulis, subsessilibus aut pedicellatis, foliis integerrimis aut remote crenulatis. Synonyma innumera.

Varietas foliis dentatis æstimatur esse *Riana guianensis* Aubl., t. 94, sed nihil certum de planta Aubletii cognovi.

A. paniculata Mart. Zucc. *Rinorea guianensis* Aubl., t. 93. Rara in Guyana, a solo Aublet collecta juxta Caux. In Brasilia sæpius collecta.

Paypayrola guianensis Aubl., t. 99. In sylvis frequens. Flores lutei, odori. *Pay. densiflora* Tul. specifice non differt.

Amphiroa latifolia Martius. Rara, ab uno collectore lecta in Guyana.

Leonia Melinoniana Bail. A solo Mélinon in Maroni collecta. Genus *Leoniam* Baillon ad Violarias retulit et speciem novam in Maroni lectam descripsit. Rami graciles, verisimiliter scandentes. Folia alterna, membranacea, glabra, integra, ovato-oblonga, apice subacuminata, breve petiolata, 9 cent. longa, 4 lata, petiolo vix 1 cent. longo sæpe breviori. Flores parvuli, longe pedicellati, laxe racemosi, racemis in paniculam paucifloram aggregatis. Petala calice triplo longiora, ex sicco albido virentia? patentia, oblonga, sublinearia.

Sauvagesia erecta, L., *S. adima* Aubl., t. 100.

Frequens. Petala alba, squammæ purpureo-violaceæ.

S. rubiginosa St-Hil. *S. surinamensis* Miquel.

Rara. In savannis turfosis paludosis juxta Cayenne. Viva distincta mihi visa fuit. Stipulæ longiores, ciliis fulvo-rubiginosis ornatæ. Caulis altior erectus. Pedicelli florales breviores, flores ad axillas foliorum supremorum, ita ut inflorescentia subterminalis videatur. Ad hanc speciem referendum censeo specimen *S. nutans* Pers. in Herb. Prodromi loco natali non indicato. Flora brasiliensis *S. rubiginosam* ut varietatem *S. erectæ* descripsit.

S. Sprengelii St-Hil. *S. serpyllifolia* Martius. *S. Kappleri* Miquel. *S. erecta* Aubl.

Passim; Leprieur, Patris.

S. elata Benth.

Species maxima, metralis, foliis multo majoribus quam *S. erecta*.

Rarissima. Solus Leprieur legit loco *les Cascades* id ex juxta rivum *les Cascades* a Cayenna hand procul distantem.

Var. *longifolia.*

Foliis longioribus, angustioribus, nervis lateralibus magis approximatis, numerosioribus.

Leprieur legit.

Nondum bene scio an eodem loco aut locis diversis Cl. Leprieur formas hasce duo collegerat. Flora brasiliensis *S. longifoliam* pro distincta specie habuit et tabula illustravit.

S. Salzmanni Benth. *S. tenella* Lam. non DC. Herbier.

Prodr. *S. tenella.* Flor. brasil.

Rara. Leprieur legit. Ex flora brasil. Richard et Patris quoque legerunt.

Præter *S. erectam* valde vulgarem, diversæ *Sauvagesiæ* species quanquam vasto tractu Americæ intertropicæ incolæ, paucis locis eadem regione crescunt.

DROSERACEÆ.

Drosera sessilifolia Flor. bras. tab.

Rara. Juxta Cayenne in savanna paludosa turfosa prope montem Tigre legi, ducente cl. Leprieur.

POLYGALEÆ.

Polygala timoutou Aubl., t. 295.

In savannis turfosis, non ubique.

P. galioides Poiret. Circa Cayenne rara.

P. Hostmanni Miquel. Rara. Solus Leprieur legit.

P. longicaulis Kunth *P. incarnata* Aubl. non L. *P. adenophora* DC *P. stellera* DC.

Circa Cayenne in savannis paludosis turfosis.

P. cinerea Willd. Aubl., t. 294. *P. violacea* Aubl. In littore frequens.

Securidaca volubilis L. Valde frequens in littore, toto anno florifera. *Sec. lanceolata* Brasiliæ huic valde similis.

S. paniculata Lam. *S. Hostmanni* Miquel.

Proxima *S. volubili*, flores paulo minores, in racemis numerosiores, folia paulo majora. Rarior.

Coll. Sagot, nº 1167; coll. Hostman, nº 207. Formam insignem collegit Leprieur, ala samaræ brevissima, basi seminifera majori, lineolis prominentibus reticulatis cristulatis notata.

S. pubescens var. *ovata* DC. Herb. Prodr.

Var. *glabrescens*. *S. major* Sagot, coll. nº 907. Nomen infaustum eo tempore institutum cum aliæ species vere pubescentes aut tomentosæ ignorabantur. Puberulentia parca, brevissima, in racemo florali tantum et in ramulis novellis observatur, in varietate glabrescenti vix nulla.

Species omni parte major, rarius florens, floribus potius purpureo-violaceis quam roseis. Caulis tuberculos spinuliformes minimos stipulares ferens. In sylvis frequens, sed raro cum floribus obvia. Crescit extra Guyanam in valle Amazonum. Huic affinis est *S. bialata* Benth.

S. tomentosa Pœpp. non St-Hil.

Abunde tomentoso-pubescens. In sylvis rara, coll. Sagot, nº 907, sub malo nomine *S. pubescentis*.

Incerta mihi permanent specimina sicca ab am. Giraud circa Roura collecta aspectu proprio donata. Folia enim conferta, ovata, membranacea, mediocri magnitudine, superne glabra inferne glabrescentia. Tuberculi stipulares minimi. Flores paulo minores quam in *S. volubili*, in racemo parce numerosi. Samara inferne angustata, dente basilari parvula valde incumbenti, cavitate seminifera parva extus reticulata. Rami leviter graciles aspectu virgato.

Specimen a cl. Leprieur lectum, Herb. Mus. Par. præbet folia similia paulo majora, minus conferta, caulem volubilem, racemos florales majores in paniculam aggregatos, samaram perfectam, dente incumbenti munitam. Plantam in schedula nomine *S. densifoliæ* salutaveram, sed incertus de specie permaneo.

S. parvifolia Benth. affinis est, sed habet folia minora, pubescentia.

Genus *Securidaca*, quoad specierum distinctionem, difficillimum. Species in America intertropica numerosæ sunt, sed characteres certi desunt. Eadem species videtur variare quoad numerum florum in racemis, et numerum racemorum in paniculam terminalem sæpe confluentium, quoad cavitatem seminiferam samaræ majorem aut minorem (semine subabortivo?). Florum forma in speciebus omnibus simillima. Forma dentis basilaris samaræ forsan non constans est. Species plures in Guyana anglica collectas descripsit Cl. Bentham, sed nulla speciminibus Guyanæ gallicæ a me examinatis exacte convenit. In locis apricis, in littore maris, Securidacæ abunde florent, et jam juniores flores ferunt per totum sæpe annum, in sylvis altius scandunt et rarius florent.

Securidacæ cultura in hortis calidis dignissima.

CARYOPHYLLE.

Drymaria cordata Willd.
Circa Cayenne, juxta domos.

Mollugo Berteriana Ser. *M. Schrankii* Ser. In littore Guyanæ abunde crescit. Folia semper angustissima, linearia.

MALVACEÆ.

Malachra radiata L.
Circa Cayenne. Rara.

M. capitata L.

In savanna paludosa juxta Mana. Rara.

Urena reticulata Cavan.

In littore frequentissima. In Guyana interiori juxta domos. Folia inferiora a superioribus diversa. var. *angustifolia;* Cayenne.

Pavonia typhalea var. *Pav. castanœifolia* St-Hil. In sylvis paludosis subrara.

P. racemosa Sw.

P. cancellata Cav. Valde frequens in arenosis maritimis, *Hibiscus furcellatus* Desr.

In littore passim.

Hibiscus diodon DC.

Vidi in Herbario Prodromi. Proximus *H. furcellato* sed folia lobata, lobo medio productiori. Foliola involucri apice brevissime, vix conspicue, bifurcata.

H. bifurcatus Cav. *H. bicornis* Meyer.

In littore frequens. Errore typographico Prodromus *H. bicorni* corollam calyce sexies breviorem tribuit. Majorem legendum est. Confer. Meyer.

H. Sabdariffa L. Colitur sub nomine *Oseille de Guinée.*

H. digitatus Cav. Colitur sub nomine *Oseille de Guinée blanche.*

H. esculentus L. Colitur sub nominibus *Galalou* aut *Gombo.*

H. elatus Sw. *Paritium elatum.*

In littore abundantissime crescit.

Gossypium brasiliense Mac-Fad.

Colitur. Species ab Indis ante Europæorum adventum jam culta.

Sida linifolia Cav. Circa Cayenne.

S. angustissima Miquel. *Sid. spinosa*, var.

In Maroni superiori. Flores albi; tuberculi spinuliformes nulli. Folia supra glabrescentia subtus incano-puberula. Vidi vivam in rupibus saltus Armina.

S. glomerata Cav.

Vulgatissima, præsertim in littore.

Varietas floribus albis. *Sid. patula* Pers. *S. mollis* Rich.

S. carpinifolia L. *S. Balbisiana* DC.

Vulgatissima.

S. rhombifolia L. Vulgatissima.

S. althæifolia var. *aristosa* DC. Prodr. *S. cordifolia* L. Giselb. Vulgatissima.

S. urens L. subrara.

Tribus Sterculieæ.

Diversæ species Sterculiæ in Guyana collectæ difficillime distinguntur. Nonnullæ semel observatæ fuerunt floribus vel fructibus tantum munitæ, et typus authenticus in diversis herbariis quærendus est. Flores polygami videntur, et ideo floris forma et magnitudo, vel forma paniculæ floralis caracteres specificos omnino tutos non præbent. Folia novella ab adultis consistentia et indumento differunt. Fructus maturi raro in herbariis inveniuntur et setæ fructus sæpe sunt caducæ. Sterculiæ guyanenses, in sylvis densis difficillime observatæ, vegetatione non continua crescunt; folia subito novella plurima proferunt cum floribus, foliis adultis coriaceis jam ex aliquo tempore deciduis.

Sterculia ivira Sw. *Ivira pruriens* Aubl., t. 279.

Species in herbariis rarissima. Specimen authenticum in herbario Musei Londinensis quærendum erit. Parisiis specimen tabulæ Aubletii conforme in solo herbario Richard vidi. Folia magna, ovali-oblonga, apice attenuato-acuminta, ex

Aubletio sæpe pedalia, longe petiolata, supra glabra, subtus puberula. Carpella fructus basi extus dense setifera. In Sinamari superiori et ad rivum Galibiensem bis Aubletius arborem legit semel floriferam, semel fructiferam. Richard ad Kourou legit floribus munitam. Dubium mihi videtur speciem in Antillis collectam exacte plantam Guyanensem referre.

S. surinamensis H. Ben.

Proxima *St. ivirœ*, sed folia minora apice obtusa. Sepala (ut in *St. ivira*) intus ferrugineo-rubella. Coll. Sagot n° 951, Hostmann n° 1110. Échantillons cités par la flore du Brésil.

In sylvis passim. Vidi in Karouany floriferam et fructiferam. Folliculus crasse coriaceo-lignosus. Setæ cito caducæ. In sylvis sparse crescit.

S. frondosa Rich.

Affinis *St. surinamensi*, sed folia glabra. Flores minores, in panicula puberula numerosissimi.

Cayenne : Martin legit. Herb. Mus. Par. Vidi quoque in herb. Richard.

S. imberbis DC. Species vix nota, ex uno specimine fructifero, verisimiliter ab Patris collecto, instituta. Folia ut in *St. frondosa*, glabra sed basi leviter cordata, apice acuminata. Carpella longiuscule pedicellata.

S. propinqua R. Br.

Variet. paululo glabrescentem, foliis basi subcordatis legerunt Mélinon, Poiteau, Schomburgh. E specimine Poiteau carpella fructus videntur quam in præcedentibus majora.

Species agnoscenda foliis brevius quam in aliis St. guianensibus petiolata, et flore paulo majori. Folia ovata apice breviter acuminata in typo genuino in Surinamo collecto, novella dense puberulo-tomentosa. Panicula florida dense puberula.

S. mexicana var. *guianensis.*

Statim agnoscenda ramulis crassissimis, foliis palmatim digitatis. Foliola 5, oblongo-lanceolata, basi anguste attenuata, sessilia, glabra. Petiolus communis longus. Flores quam in *St. surinamensi* majores.

Ad Maroni legit Mélinon. In Brasiliâ septentrionali jam collecta. Herb. Mus. Paris.

Tribus Bombaceæ.

Pachira aquatica Aubl. tab. 291 et 292.

Ad ripas abundantissime crescit, et toto anno floret. Vulgo *Cacao sauvage.*

Amicus Bar mihi asseruit speciem distinctam Pachiræ observavisse in flumine Approuague superiori ad rivum Aratay, in terra non paludosa crescentem.

Bombax globosum Aubl., tab. 281.

Frequens in littore.

Specimen a cl. Mélinon collectum in sylvis Maroni flores numerosos sed folia nulla præbens, videtur esse speciem propriam a colonis sub nomine *cotonnier grand bois* designatam. Flores minores quam in *B. globoso*, brevissime pedicellati, magno numero foliis delapsis e ramulis prodeuntes. Arbor verisimiliter magna, rarius florens.

Eriodendron anfractuosum Sw., var. *guianensis* foliolis margine integris agnoscenda.

In Guyanæ sylvis frequens, præsertim in littore, sed difficillime a botanicis collecta. Arbor maxima, foliis delapsis flores proferens. Vulgo *Fromager.*

Quararibea guianensis Aubl., t. 278. *Myrodia longiflora* Sw.

Ad ripas abunde crescens toto anno florifera. Suspicor varietatem tantum esse *Quar. Martini* Baill. calice multo breviori, foliis paulo latioribus basi subcordatis. Martin solus legit. Herb. Mus. Paris.

Helicteres pentandra L., *Hel. bracteosa* Martius.
Ad Maroni Mélinon legit. Numerus staminum incertus ob filamenta sterilia immixta et bracteolas. Stamina perfecta sæpius 3, 5.

H. proniflora Rich.

Rara. A solo Richard in Guyana gallica collecta, in Brasiliâ frequentior.

Trib. Byttneriaceæ.

Theobroma cacao L. colitur.

T. guyanensis Aubl., tab. 275 sub *Cacao guyane*, in Herb. Par. deest. In sylvis interioribus Aublet legit in Sinamari superiore et ad rivum galibiensem, in Maripa juxta Rouram. Folia magna subtus tomentosa, margine denticulata. Flores luteoli, his *Theob. cacao* paululo majores. Fructus ovatus, tomentosus, 5-angulatus, Cacao minor.

T. sylvestris Aubl., t. 276.

In Herb. Par. deest. In sylvis interioribus cum præcedenti ab Aublet lecta. Videtur affinis *Th. guianensi*, distincta fructu minori, foliis integris paulo minoribus.

T. subincanum Mart. Collect. Sagot, nº 1206, sub *Herrania guianensi*.

In sylvis ad ripas Karouany, rara. Vidi florentem et fructiferam, foliis jam delapsis. Flores ut in Cacao magni, atropurpurei, suaveolentes, in fasciculis umbelliformibus multifloris aggregati, pedicellis ramosis elongatis tomentosis. Sepala calycis ovato-lanceolata magna. Fructus ovatus Cacao minor, brevissime tomentosus, luteus, obtuse *S. angularis*. Folia, ex speciminibus siccis brasiliensibus, ovato-oblonga, integra, subtus incano-puberula.

Guazuma ulmifolia Lam.
Cayenne. In littore, subrara.

Byttneria scabra L. *Byttn. salicifolia* Aubl., t. 96. In savannis paludosis inter Cayenne et Kourou ex Aublet.

B. cordifolia Sagot.

Proxima *B. catalpæfoliæ*, distincta foliis dentatis. Inermis, in sylvis altissime scandens. Folia cordata, oblonga, dentata, supra glabrescentia, longe petiolata, petiolo, ut nervis, puberulo. Flores parce numerosi, in cymas parvas laterales aut terminales dispositi. Ramuli pilos nonnullos breves ferentes. Folia terminalia sæpe parva.

Fructus parvus setis hirsutus.

Cayenne, Perrottet. Herb. Mus. Par., Karouany, Sagot.

Melochia ulmifolia Benth.

Subrara. Maroni.

M. vestita Benth. *Riedleya hirsuta* Cav. Griseb.

M. concinna Miquel. Cayenne. Glabrior, parviflora. In littore.

Waltheria americana L. Frequentissima.

Cl. Bentham ad Byttneriaceas traxit *Goupiam glabram* Aubl., antea inter Rhamneas enumeratam.

Goupia glabra Aubl., t. 116. In sylvis satis frequens.

TILIACEÆ.

Apeiba tibourbou Aubl., t. 213, satis frequens in sylvis, præsertim in littore.

A. hypoleuca Steudel, verisimiliter syn. *Ap. petoumo* Aubl., t. 215, et *Ap. aspera* Aubl., t. 216.

In sylvis haud infrequens, sed non facile collecta. Folia membranacea, supra glabra, subtus incano puberula, denticulata, basi palminervia, forma propria cito agnoscenda. Fructus discoideo-globosus, depressus, niger, tuberculato-muricatus, humi in sylvis passim obvius.

Tabulæ *Ap. petoumo* et *Ap. asperæ* Aublet, ita foliis floribusque conformes ut ad unicam speciem pertinere videantur. Differunt tantum fructu in *Ap. petoumo* setis mollibus vestito, in *Ap. aspera* muricato, sed setæ in tabula longæ pinguntur, in descriptione brevissimæ (pointes d'une ligne de longueur). Forsitan setæ cito caducæ sunt. Folia *Ap. petoumo* subtus incana dicuntur, nihil dicitur de pagina inferiore folii *Ap. asperæ*. *Ap. asperam* et in littore juxta Cayenne et in sylvis interioribus Aublet legit, *Ap. petoumo* in sylvis interioribus ad rivum Galibiensem.

A. glabra Aubl., t. 214 sub *A. lævis.*

Collecta ab Aublet in sylvis interioribus in cultis derelictis juxta rivum Galibiensem. Folia utrinque virentia, glabra, fructus tuberculato-muricatus.

Ad hanc speciem refero specimen a cl. Mélinon collectum et specimen aliud Poiteanum foliis utrinque virentibus, quam in *A. hypoleuca* minoribus, sed fructus est setifer.

Triumfetta althæoides Lam. Cayenne.

Sloanea dentata L.

In sylvis passim. Flores videntur variabiles, periantho integro aut denticulato, cupuliformi, aut fere ad basim in sepala diviso, parvuli aut paululo majores. Folia maxima, dentata aut integra. Suspicor *Sl. Massoni* a *Sl. dentata* non specifice differre.

S. sinemariensis Aublet, in Herb. Paris. deest.

Var. *Melinonis.*

Maroni, Mélinon. Tabulæ et descriptioni Aubletii convenit, diversa tantum, calice minimo, 8-lobato, et foliis subtus puberulo subcanescentibus planta Melinonis ad sect. *Ablaniam* pertinet, fructu mediocri, setis gracilibus longis, partim caducis, hispido, 1-spermo aut oligospermo, pariete crassa sublignosa 4 fissa, et floribus minimis. Folia media magnitudine, ovata, integra aut apice subsinuata, longe petiolata subtus reticulata, puberula, pallidiora.

S. parviflora Planch., *Ablania guianensis* Aubl., t. 289. *Dasynema brevipes* Benth. *D. obtusum* Splitg.

Arbor mediocris floribunda. Flores minimi breve pedicellati aut subsessiles. Calix 4-fidus; stylus in vivo 4-fidus, in sicco, ramis styli erectis approximatis, columniformis pseudo simplex, in alabastro brevis in anthesi cito accrescens. Capsula coriaceo-lignosa, setis gracilibus longis hispida, tarde dehiscens 4- valvis; semen sæpius unicum arilla carnosa croceo-rubenti involutum.

Multum variat foliis subparvis aut majoribus, brevius vel longius petiolatis, subintegris aut sinuatis, glabrioribus aut in nervis puberulis.

Var. *pedicellata.* Floribus pedicellatis plus minus in cymas aggregatis. Ad hanc varietatem tabula Aubletii convenit. An fructus polyspermus secundum Aubletii descriptionem?

In sylvis passim, non infrequens.

S. corymbiflora DC. *Blondea latifolia* Rich. Folia ovato-oblonga, integra, glaberrima, longe petiolata. Flores ut in Sloanea satis magni, in cymas multifloras, axillares, longe pedonculatas dispositi. Calix 4-sepalus, sepalis lanceolato-linearibus acutis; stamina numerosissima; anthera linearia longissima, filamento brevissimo, exteriora sæpe sterilia, filamentosa. Ovarium ovato-oblongum, stylo longo apice 4-fido terminatum, intus 4-loculare, loculis pluriovulatis. Fructus ignotus. Folia 14 cent. longa, petiolo 4 cent. Alabastrum 1 $\frac{1}{2}$ cent. longum.

Rara. Leprieur legit 1838.

Ob ovarium vix puberulum De Candolle fructum setis destitutum suspicatur, sed in *Sl. sinemariensi* et in *Sl. parviflora* ovarium tomentellum nullo signo setas futuras indicat.

Forgetina guianensis Bocq. in *Adans.*, t. VII. Calix 4-sepalus.

Corolla nulla. Discus crassus glandulosus. Stamina numerosissima, omnia fertilia filamentis liberis, cylindricis anthea claviformi terminatis. Ovarium 4 vel 5-angulosum, terminatum stylo longo, cruribus spiraliter contortis. Inflorescentia in ramis sessilibus glomerata. Fructus ignotus. Folia alterna, simplicia, penninervia, stipulis duabus minimis caducis stipata. Perrottet legit. Specimen non vidi. E descriptione videtur *Ablaniæ* affinis.

TERNSTRŒMIACEÆ.

Ternstrœmia dentata Aubl., tab. 227.

In sylvis sat frequens. Folii dentes in tabula Aubletii nimis magnæ.

T. revoluta Splitg.

Suffrutex. Flores numerosissimi pedunculis sæpe deflexis. Folia integra, oblonga aut ovali-oblonga, 5 aut. 7 cent. longa, 2 aut 3 lata, petiolo $\frac{1}{2}$ cent. Flores minores quam in *T. dentata*, longe pedicellati, albi, apice lutei.

Satis frequens præsertim in littore. Mana; coll. Sagot, nº 785, Martin.

T. punctata Aubl. sub *Taonabo punct.*, tab. 228, mihi ignota. Tabula mala. Forsan. *T. revoluta* imperfecte descripta??

T. corymbosa Smith. in DC. Prodr. indicata mihi ignota.

Caraipa latifolia Aubl., t. 224.

In sylvis ad ripas rivorum sat frequens. Flores albi odorati.

C. longifolia Aubl., tab. 223.

C. latifoliæ simillima, sed folia oblonga, angustiora, nervis subtus magis prominulis. Calix paululo major. Maroni, Mélinon; Aublet.

C. laxiflora Benth.

Folia parva, ovata, breviter acuminata, utrinque glabra.

Flores parvi in paniculam terminalem dispositi. In sylvis interioribus ad ripas. Sagot, coll. nº 983, Mélinon.

C. parvifolia Aubl., t. 223.

In herb. Paris. deest. Tabula similis *C. laxifloræ;* sed ex descr. folia subtus albo-tomentosa.

Sub *C. paniculata* Rich. et *C. Richardiana* Camb. vidi in Herb. Paris. diversas species confusas.

Mahurea palustris Aubl., t. 222.
In sylvis interioribus ad ripas.

Laplacea semiserrata Miquel. *L. præmorsa* Splitg. Walp. rep. 2. Maroni; Mélinon.

Cochlospermum paviæfolium Planchon.

In Maroni superiore legit Dr Rech. Herb. Mus. par.

OLACINEÆ.

Ximenia americana L. *Heymassoli spinosa* Aubl., t. 125. In littore.

Emmotum fagifolium Desv. *Ptychopetalum acutum* Benth. Walp. rep. 2. Leprieur legit Herb. Mus. Par.

Poraqueiba guianensis Aubl., t. 47.

In sylvis satis rara. Flores albi, parvi, odorati. Petala 4 foveolata, cristula media longitudinali : specimina legit Mélinon ramulis robustioribus, folii ovatis, subapproximatis, racemis floralibus numerosis.

Heisteria cauliflora Smith.

In sylvis, non rara. Suffrutex.

H. microcalyx Sagot.

Cito agnoscenda calyce accreto parvo, vix quartam inferiorem partem drupæ cingente. Folia subparva, ovato-oblonga, glabra, 6 centim. longa, 3 lata. Flores axillares, parvuli, alabastro leviter elongato. Drupa parva, ovata, magnitudine pisi, calice parce accreto, virenti, partem inferiorem drupæ cingente.

Rara. Leprieur. Herb. Mus. Par. Forsan ad aliud genus transferenda quando flos exacte cognitus erit.

H. Kappleri Sagot.

Affinis *H. tubicinæ* Pœppig. Insignis calice accreto amplissimo, patenti, nervis venuloso, subintegro, et drupa sicca parvula, apice minute tuberculata. Frutex elatior, ramulis virgatis tenuibus ramose fasciculatis. Folia alterna, mediocri magnitudine, ovali-oblonga, apice subacuminata, brevi-petiolata, glabra, firma, 6 cent. longa, 3 lata. Flores ignoti. Fructus parvus, siccus, niger, ovato-rotundatus apice tuberculos nonnullos minimos ferens. Cupula amplissima rotunda patens sordide rubens, diametro 10 centim., margine obtusissime pentagona aut sub integra, membranacea, nervulis venosis ramosis. Fructus pedicello tenui suffultus, pedicellis in cymam parvam aggregatis. Rara; juxta vicum Mana, in arenosis legit Sagot, nº 1198. Kappler legit quoque.

Heist. tubicina Pœpp. Endicher e descriptione et tabula videtur species proxima. Lecta fuit in sylvis primævis juxta Yurimaguas prov. Maynas, floribus delapsis, fructibus imperfecte maturis. Cupula accreta plantæ meæ minor, basi depressa tubæformis. Inflorescentia cymosa. Folia satis similia.

Ptychopetalum olacoides Benth. Walp. rep. 2 et rep. 5.

In Guyana Gallica crescit ex cl. Bentham. Specimen non vidi. Frutex glaberrimus. Folia alterna, ovata aut oblongo-lanceolata, acuminata, breve petiolata, 3 aut 4 pollices longa. Flores parvi, breviter pedicellati, in racemos ramosos, axillares, paucifloros, bracteolatos, dispositi. Calix minimus inconspicue 5-denticulatus. Petala 5 linearia extus glabra, intus basi villosa, valvata, marginibus reflexis superne crispulo-undulatis. Stamina 10. Ovarium oblongum, uniloculare, stylo filiformi terminatum, stigmato capitato subtrilobo. Fructus ignotus.

A genere *Olace* plantam non satis differre Baillon suspicatur.

Pogonophora Shomburgkiana ab auctoribus inter Euphorbiaceas enumerata. Prodr., t. 15, pag. 1040, mihi in Guyana (sexus masculus) obvia, tantam aspectus similitudinem cum Olacineis præbuit, ut aliquid dubitationis mihi permaneat de speciminibus fœmineis, certe ad Euphorbiaceas pertinentibus, cum masculis in unam speciem coadunatis. In Herbario Musæi Parisiensis vidi specimina mascula plurima, sed specimen fœmineum unicum, incompletum a cl. Spruce, n° 3338 collectum. Folia speciminis fœminei analogiam præbent, sed majora sunt, crassiora, petiolo crassiori superne evidentius canaliculato.

Discophora guianensis Miers, *Kummeria* Martius.

Rami virgati. Folia alterna, disticha, oblongo-lanceolata, apice acuminata, leviter coriacea, superne lucida, 16 aut 24 cent. longa, 5 vel 7 lata, petiolo 1 aut 2 cent. longo. Gemmæ puberulæ... Flores parvi, in cymas axillares parvas divaricatim ramosas dispositi. Specimina mihi desunt, ad analysim et characteres ex Baillon Hist. plant. traho.

Flores polygami. Calix brevis, 5-dentatus; petala 5, longiora calyce, valvata, intus linea elevata notata. Stamina 5, sub disco hypogyno inserta. Ovarium 1-loculare, 2-ovulatum, stylo brevi, stigmate discoideo. Fructus drupaceus leviter arcuatus, putamine longitudinaliter sulcato costato, costa dorsali cæteris crassiore, aliquid formæ mericarpii Obelliferarum referenti.

Rara. In Maroni Mélinon legit.

Folia aliquid similitudinis cum *Heisteria* præbent Odor fructus in specimine recenti gravis. De forma et natura fructus dubius permaneo. An sub tegumento caro mollis an firma? an aliquando nuclei duo? nam nucleum uno latere planum, altero convexum, longitudinaliter trisulcatum video. An extus fructus longitudinaliter sulcatus?

Pleurisanthes artocarpi Baill. Adans.

Aspectu proprio cito agnoscenda. Flores parvuli dense in axi crassuisculo spicæ congesti, spicis ramosis fasciculatim subpaniculatis.

Rami validi. Folia satis magna, ovata, apice subacuminata, basi dilatata, subcordata, petiolo mediocri suffulta, glabra, coriacea, subtus reticulata. Flores parvuli albi aut ex albido virentes exsicco, uno latere axis subfasciatim dilatati, inserti, hermaphroditi aut polygami, 4 aut 5-meri. Calix brevis cupuliformis dentatus. Petala valvata parte infera coalita, post anthesim basi discissa et in corollam pseudomonopetalam caduca. Stamina petalis alterna, sub disco parvo annulari inserta. Ovarium sessile, conicum, stigmate sessili papilloso terminatum, intus biovulatum, ovulo uno minori subabortivo. Fructus ignotus.

Folia longa 11 centim., larga 8, petiolo 1 1/2 cent. Rarissima. Maroni; Mélinon, Leprieur.

AURANTIACEÆ.

In Guyana non nisi cultæ crescunt.

Triphasia trifoliata DC. In hortis.

Murraya exotica L. In hortis.

Glycosmis citrifolia Lindl. *Gl. heterophylla* Rich. Cuba
In hortis, et juxta vicum Mana subspontanea.

Citrus vulgaris Risso; vulgo *Orange amère*
Culta.

C. aurantium Risso; vulgo *Orange douce.*
Culta.

C. nobilis Lour.; vulgo *Orange demi-douce.*
Culta rarius.

C. spinosissima Meyer.

Abunde culta.

C. limetta Ris.; vulgo *Citron doux*.

Culta rarius.

C. decumana Ris. Culta Vulgo *Pamplemous*.

Nonnullæ aliæ species aut varietates quas non vidi verisimiliter passim coluntur.

Citrus aurantium flores abundantes profert in Guyana mense novembri ad reditum tempestatis pluviosæ, et primos fructus maturos dat maio et junio. Post flores primos parcius mensibus posterioribus floret. Colitur e semine aut e surculis e radicibus enatis. Rami validas spinas ferunt.

HYPERICINEÆ.

Vismia guyanensis Aubl., t. 311, sub. *Hyper*.

Abundantissime crescit. *V. rufescens* DC. specifice non differt.

V. cayennensis Pers. Abundantissime crescit.

V. latifolia Aubl., t. 312. *V. macrophylla* H. B. Passim.

Var. *acuminata*. *V. acuminata* Pers. DC. Prodr.

Var. *punctulata*. Vidi folia tantum in Maroni.

Var. *glabrescens*. Vidi in Herb. Prodromi sub nomine malo *V. recticulata* Poiret. Vera *V. reticulata* Poiret mihi nota est folio unico, sine loco natali, in Herb Mus Par. servato. Specimen insigne folio magno subtus nervis reticulatis hirtello ferrugineis.

V. sessifolia Aubl., t. 312 passim. In herbariis, nescio qua ratione, rara.

Genus *Vismia* difficillimum. Species videntur in America intertropica numerosæ, loco natali non valde vasto propriæ, caracteres desunt ad tuto distinguendum.

Flores pallide virentes, pilis albidis. Fructus parvi, subcarnosi, virentes. E trunco inciso succus croceo-rubens, spissus, parce fluit. In cultis derelictis *Vismiæ* abunde crescunt ad renovandam sylvam solo sterili aptæ. An aves semina afferant nescio. Seminis minimi germinationem observare neglexi.

CLUSIACEÆ.

Familia difficillima, in herbariis specimina sæpius incompleta, exsiccando deformata, præbens, in vivo ægre observata, eadem specie specimina viva valde sparsa præbenti, variis notis sæpe plus minus inter se diversa. Commendandum mihi videtur viatoribus et botanicis indigenis ejusdem speciei vulgaris, multa specimina viva sedulo observare, et variabiles formas describere.

Clusia grandiflora Splitg. Miquel Stirp., sur. tab.

In sylvis primævis haud infrequens, sparse crescens. Epiphyta. Magni flores, aut fructus coriaceo-sublignosi stellatim dehiscentes, humi lapsi passim occurrunt.

Coll. Sagot, nº 789. Flos expansus diametro 20 cent., albidus aut subroseus, cito decolor.

C. palmicida Rich.

Flores pallide rosei aut albidi, *Clus. grandifloræ* paulo minores, numero petalorum secundum specimen vario 8, 6, 5. Filamenta staminum sæpius coalita. Videtur occurrere hermaphrodita aut fœminea, epiphyta aut in arboris mediocris formam humi crescens. In sylvis passim vidi vivam arboriformem, una vice 5-petalam, altera, 6-petalam. Richard e nomine verisimiliter epiphytam observavit.

C. nemorosa Meyer.

Species male cognita, verisimiliter valde varians, a *Cl. palmicida* distincta præsertim alabastro oblongo subconico nec globoso, floribus 4-petalis, quandoque 5- petalis (Triana), foliis sæpius paulo minoribus, aliquando tenuioribus aut apice parce acuminatis.

Martin, Leprieur. Ipse vivam non vidi.

Kegel, n° 48, Hostm., n° 590, n° 1207.

Ad hanc speciem refero specimen fructiferum a cl. Mélinon ad Maroni lectum, insignem fructu oblongo basi leviter attenuato, stigmate parvulo 5- radiato, semina perfecta sed rara continenti, oblonga 1 1/2 cent. longa.

C. cuneata Benth.

Vidi vivam ad ripas Karouany superioris abunde crescentem, aqua basim trunci obtegente. Frutex ramosissimus; flores numerosi, pulchri, media magnitudine, albi. Petala 8, in floribus masculis ovario destitutis; stamina numerosissima brevissima, aureo-lutea. Fructus ovato-oblongus stigmate mediocri 14, 20- radiato.

Sagot, coll. n° 70, Schomburgk.

C. Brongniartiana Planch. et Triana.

Floruit in caldariis Mus. Paris. E Guyana viva allata. Affinis *Cl. flavæ;* petala 4 albido-lutea; stamina brevia, numerosa, filamentis non coalitis fasciculatis, staminodiis nonnullis sterilibus; calix basi bracteis decussatis parvis 6 stipatus. Folia petiolata, oblonga, acuminata subacuta, crassiuscula, nervis lateralibus vix conspicuis parce numerosis.

Species imperfecte nota. In tabulis pictis Jacquini petala *Clus. flavæ* lutea sunt.

C. quapoya Choisy. *Quapoya panapanari* Aubl., t. 354, et *Q. scandens* Aubl., t. 343.

In sylvis frequens, valde variabilis, quandoque verisimiliter submonstrosas formas præbens ovario substerili aut sterili.

Sæpius epiphyta aut subsarmentose scandens.

Folia mediocri magnitudine, obovata, crassiuscula, obtusa aut subacuminata, nervis lateralibus numerosis subinconspicuis, 11 cent. longa, 5 lata.

Flores parvi virentes aut e luteolo-virentes, numerosi, in stirpibus diversis masculi, fœminei, hermaphroditi? aut submonstrosi.

Stamina brevissima in discum coalita; anthera brevissima poris 4 aperta, polline pulverulento abundanti. Staminodia in floribus fœmineis 5, globoso-cuneiformia crassa, aut minima linearia tenuia, stellatim ex analysi basi coalita. Ovarium globosum in forma fœminea normali, stigmate peltiformi-conico, 5- radiato, terminatum. Fructus magnitudine olivæ ovatus, e virenti quandoque levissime flavescens aut rubescens, sub carnoso firmus, tarde dehiscens.

Forma mascula. Flos valde patens, 5-petalus, petalis paululo majoribus, luteolo-virentibus. Stamina numerosissima, brevissima, in discum gummam resinosam fundentem coalita. Pollen abundans. Ovarii rudimentum nullum. Diametrum floris aperti 1 1/2 cent.

Forma fœminea normalis. Petala 5, paulo minora, suberecta, virentia, staminodia globoso-cuneiformia 5, crassa, ovarium ovoideum stigmate peltato subconico, 5- radiato.

Formæ anomalæ diversæ :

Stigma punctiforme, ovario ovato imperfecte fertili. Staminodiis 5 linearibus tenerrimis. Legi ad ripas Karouany superioris nuper defloratum, nec fructum novi. Plantam pro vera *Quap. scandenti* Aublet habuerunt cl. Planchon et Triana et ad genus *Rengifam* traxerunt.

Flores minores, fœminei, fertiles?, numerosissimi, paniculati, petalis ovato oblongis 5, staminodiis 5 linearibus tenerrimis; ovarium ovato-subturbinatum, stigmate papilloso 5 radiato subhemisphærice convexo lato. Fructus ignotus. In Maroni legit Mélinon. Hanc formam pro vera *Quapoya scandente* Aubl. habet Baillon. An forma anomala, an species?? Forma stigmatis analogiam cum *Cl. Criuva* St-Hil. præbet.

Tabulæ Aubletii 344 et 343 præsertim quoad analysim imperfectæ, verisimiliter, ut et descriptiones, e pluribus speciminibus vivis, variis locis observatis, delineatæ fuerunt. An nº 8, nº 12, nº 13, pro ovario sterili columniformi, stigmate disciformi stipitato terminato, habenda? an pro androceo monstroso?? nº 9 tab. 343, staminodia linearia bene refert, sed maxime aucta. Stigmata peltato-conica 5 radiata bene delineata sunt in nº 11 tabulæ 343, et in nº 7 tabulæ 344.

Tovomita ligustrina Poiteau; *Marialva fructipendula* Choisy, *Mar. uniflora* Choisy, Prodr. Suffrutex humilis in sylvis primævis sat frequens. Sexus masculus multo frequentior.

Flores albi parvi, longe pedicellati.

T. guyanensis Aubl., t. 364.

Arbor mediocri magnitudine, in sylvis rara. Aublet, Perrottet, Mélinon.

Formas duo in Maroni legit Mélinon, quarum una insignis est floribus paulo minoribus numerosissimis paniculatim aggregatis.

T. Richardiana Planch. et Triana. *Clusia longifolia* foliis oblongis, apice subobtusis cuneiformibus. Petalis 4. Richard, Leblond in Herb. Delessert.

Specimen authenticum non vidi.

T. Choisyana Planch. et Triana. *Micranthera clusiæfolia*, Choisy Prodr. exclus. syn.

Foliis oblongis basi attenuatis apice breviter acuminatis, nervis lateralibus paucis leviter arcuatis. Petalis 8, 10. Alabastra majuscula. Vidi in herbario Prodromi.

Species hæ duo male cognitæ. Leblond specimen fœmineum e parte defloratum legerat, nunc in Herb. Mus. Paris. asservatum. Forma folii a me delineati ad *T. Choisyanam* accedit. Forma floris potius ad *T. Richardianam* accedere videtur. Sententiam de hoc specimine certam cl. Planchon et Triana non habuerunt.

Micranthera clusiæfolia Choisy, Prodr. ex duobus plantis constituta fuit, ex Planchon et Triana.

Mammea americana colitur in hortis. Specimina nonnulla mascula sterilia.

Rheedia macrophylla Planchon et Triana. *Garcinia macrophylla* Martius, Miquel.

In sylvis. Specimen vivum masculum vidi.

Suspicor pedicelli florum masculorum longiores et graciliores occurrere, et, in aliis arboribus, breviores et paululo crassiores. Arbor fœminea verosimiliter masculæ multo major. Rami secti succum luteum fundunt.

Symphonia globulifera L. Planchon et Triana. Vulgo *Mani* abundantissime crescit in sylvis præsertim solo humido. Fructus ignotus. Alabastrum globosum coccineum. Flores numerosissimi.

Moronobea montana Schlecht. Planch. et Triana. *M. coccinea* Aubl., tab. 313 exclus., figur. anal. *M. grandiflora* Chois. Prodr.

In sylvis interioribus rara. Flos major. Alabastrum oblongum, apice acutum.

Herbier Richard ex Triana. Specimen non vidi.

Platonia insignis Martius.

In sylvis interioribus rara. Vulgo *Parcouri*. Flos maximus. Folia ovata apice leviter acuminata, magnitudine media, nervis lateralibus rectis, plurimis, parallelis.

Maroni, Mélinon folia tantum. Herb. Mus. Par. Fructus in Mus. Colon.

Calophyllum lucidum Benth. In sylvis raro. Sagot, coll. n° 1036.

Quiina crenata Tul. Walp. ann. 2. *Tourouha surinamensis* Steudel in schedula.

Vidi vivam masculam in sylvis et sedulo observavi. Planta summopere variat. Folia sæpius verticillata, 3 ou 4, quandoque opposita. In speciminibus junioribus, nuper e semine enatis, folia pinnatiloba, in planta adulta oblongo-lanceolata integra vel crenata. Stipulæ longæ, lineari-lanceolatæ. Flores masculi albi, parvi, suaveolentes, breviter pedicellati, in racemum terminalem, verticillatim ramosum, paniculiformem aggregati. Calix 2-sepalus. Petala 4, 6. Stamina numerosa gracilia, antheris parvis. Ramuli inflorescentiæ rufo puberuli.

Specimen fœmineum, nec vivum, nec siccum, observavi. Folia certe majora, forsan integra, præbere suspicor. Forsan syn. *Qu. guianensis* et *Qu. obovata*?

Coll. Sagot, n° 1207, Perrottet, Herb. Mus. Par.; Hostm. ann.; Kappler, 1292.

Diversæ species *Quiinæ* generis in Guyana descriptæ forsan formæ potius quam species e parte habendæ sunt.

Qu. guianensis Aubl., tab. 379 ab Aubletio fructifera lecta fuit in sylvis interioribus ad rivum Galibicum. Frutex foliis oblongo-ovatis, integris, fructu parvo, carnoso, luteo, dispermo. Specimen non vidi. An syn. *Qu. obovata* Tul., an *Q. crenata* quoque?

Q. obovata Tul. Martin specimen fructiferum; Herb. Mus. Paris.

Q. leptoclada Tul. Specimen masculum a cl. Mélinon lectum in Herb. Mus. Par. Folia lanceolata, longe acuminata. Panicula florida gracilis, glabra, brevis. Flores longe pedicellati.

Q. Decaisneana Planchon et Triana videtur distincta, foliis magnis, in juniori planta plus quam pedalibus, oblongis basi attenuatis, apice paululo dilatatis, integris, multinerviis.

Vidi vivam juniorem in sylvis Karouany. Colitur in caldariis Mus. Par. a cl. Mélinon missa.

Ad hanc speciem, haud sine dubio, refero specimen siccum fructiferum Herbarii Mus. Par. fructum maturum præbens.

Fructus maximus, rotundus, coriaceo-lignosus, magnitudine aurantii, continens semina plurima, fusco-tomentosa, rotundato-cuneata, magnitudine seminum Gossypii. Folia satis magna, semipedalia, integra, oblonga.

Touroulia guianensis Aubl., t. 194. Frutex in sylvis haud infrequens, rarissime cum floribus inventus. Folia pellucido-membranacea, pinnatifida usque ad nervum medium in lobos circiter 9 divisa. Lobi 4 jugi, cum lobo terminali. Basis loborum in rachide decurrens. Folia margine breviter setifero denticulata nervulis in acumen productis. Stipulæ lineares setaceæ. Leprieur specimen masculum, alabastris nondum perfectis munitum, observavit.

Aublet specimen arboreum fructiferum et aliud floriferum hermaphroditum legit. Fructus carnosus, globulosus, striatus, subedulis, magnitudine pruni minoris, luteo rufescens, semina 7 tomentosa continens. Calix 5-fidus; petala 5 lutea; stamina plurima; ovarium calycis basi subadnatum.

Macoubea guianensis Aubl., t. 378, merito ad Clusiaceas refertur. Flores ignoti. In herbaris Parisiensi deest. Fructum humi delapsum, tabulæ Aubletili conformem, in sylvis Karouany semel vidi.

MARCGRAVIEÆ.

Marcgravia umbellata L. *M. coriacea* Vahl.

In sylvis secus ripas fluminum abundantissima. Corolla 1 cent. longa, aut paululo longior. Stamina circiter 26 aut 30, filamento apice gracili, inferne planiusculo basi coalito; anthera lineari introrsa. Pedicellum florale 3 cent. longum, crassiusculum apice præsertim tuberculosum. Bracteæ 3 cent. longæ, pedicellatæ, elongatæ, sacciformes basi apertæ. Tabula Jacquini *M. umbellatæ* formam foliorum plantæ guyanensis exacte præbet.

M. gracilis Sagot. *M. pedunculosa* Triana var.?

In sylvis rara. Flores triplo minores quam in *M. umbellata*, numerosiores. Bracteæ parvulæ, 1 cent. longæ. Umbella floralis gracilior, apice rami peduncularis aphylli, gracilis, pendentis, suspensa. Folia oblongo-lanceolata, latiora et minus approximata quam in *M. coriacea*, subcoriacea, nervis lateralibus manifestis.

Folia 11 cent. longa, 3 1/2 lata. Umbella 30 vel 40-flora. Pedicelli florales subgraciles, læves, 2 cent. longi. Bracteæ parvulæ. Corolla 1/2 cent. longa. Stamina 16, vel 18, breviora quam in *M. coriacea* filamento latiori. Fructus rotundati, griseo-rugellosi, diametro 1 cent.

Karouany, Sagot, coll. nº 938.

Specimina incerta, paulo affinia, in Maroni legit Mélinon, umbella florali apice rami foliosi inserta, flore paulo majori, foliis lanceolatis, crassioribus, nervis lateralibus inconspicuis. Pedicellis floralibus lævibus.

M. gracilis simillima est *M. pedunculosæ* Triana, Herb. Mus. Par. Santa Fé de Bogota, et forsan cum hac specie conjunxissem, nisi patuisset plantas Novæ Granatenses a Guyanensibus fere semper specifice differre.

Distinctio specierum in Marcgraviis difficillima. Corolla in omnibus virens, coriacea, monophylla, calyptratim caduca, notas specificas non præbet. Bracteæ nec forma nec colore variare videntur. Forma foliorum, et inflorescentiæ paulo diversa.

In eadem specie rami floridi occurrunt quandoque leviter diversi, ramo usque ad umbellam folioso aut sub umbella brevi intervallo aphyllo, bracteis floralibus plus minus accretis, pedunculis plus minus rugoso-tuberculatis, paululo crassioribus aut tenuioribus.

Marcgraviarum vegetatio aliquid similitudinis cum *Hedera* Europæ præbet. Primum surgunt rami ascendentes cortici radicellis brevibus truncorum arcte adpressi, foliis ovatis membranaceis basi cordiformibus, confertis adpressis, muniti. Ulterius prodeunt rami florales, liberi, sæpius pendentes, plus minus ramosi, folia lanceolata, crassa, coriacea, ferentes, radicellis destituti, apice ombellis floralibus terminati.

Raro in Herbariis occurrunt specimina florifera insignia foliis latioribus, submembranaceis, nervulis lateralibus conspicuis, quæ mihi non speciem propriam constituunt, sed evolutionem imperfectam anomalam foliorum floralium.

Ruyschia souroubea DC. *Souroubea guianensis* Aubl., tab. 97. Abunde crescit in sylvis ad ripas rivorum, præcipue ad partem superiorem rivi. Bracteæ et axis racemi coccinei, flos luteus. Rami radices aerias quandoque ferunt *R. lepidota* Miquel non specifice differt ex specimine Herb. Mus. Paris.

Norantea guianensis Aubl., tab. 220.

In sylvis passim, sparse crescit. Planta pulcherrima, altissime ad arbores scandens, spicis floralibus longissimis, fulgide coccineis, numerosissimis, decorata.

Prodromus, nescio qua certa auctoritate, *Marcgraviam spicifloram* in Guyana indicavit. Specimen nullum Guyanense vidi. Planta in montibus Martinicæ et Guadalupæ crescit. Merito, me judice, ad genus *Noranteam* cl. Triana traxit, et *Nor. Jussiæi* salutavit.

HIPPOCRATEACEÆ.

Hippocrateaceæ a Prodromo inter Polypetalas hypogynas enumeratæ, ab aliis botanicis inter Celastrineas relatæ fuerunt.

Distinctio specierum difficillima. Ut in multis plantis sarmentosis scandentibus, occurrunt in eadem specie rami robusti, cito elongati, et ramuli laterales languidi, post flores expansos aut fructus maturos morituri; inflorescentiæ laterales aut terminales ; etiam aliquando flores fertiliores pedicello crassiori breviori suffulti, et flores steriles, imo anomali, pedicello capillari elongato. Fructus pauci post flores multos sæpe observantur, et raro in eadem stirpe flores et fructus maturi inveniuntur. Specimina diversa unius speciei præbent folia minora aut magna, conferta aut remota, ramulos tenues aut robustos, inflorescentiam axillarem confertam paucifloram aut terminalem diffusam, flores paulo minores vel majores, longius aut brevius pedicellatos.

Enumeratio specierum Guyanæ ob id incerta est et erroribus obnoxia, quod monographiam in Transact. Societ. Linn. Lond. tom. XXVIII, legere non licuit.

Hippocratea ovata Lam., Griseb. Flor. w. ind *H. lævigata* Rich. *H. discolor* Meyer.

In Guyana satis frequens. Multis speciminibus in herb. Par. collatis, credo unicam speciem ab Antillis usque ad Brasiliam australiorem crescere. Suspicor *H. obcordatam* Lam. (syn. *H. scandens* Jacq.) carpellis obcordatis apice dilatatato emarginatis esse formam abnormalem rariorem, potius quam speciem legitimam.

H. comosa Sw.

In Guyana rarissima. Legi semel ad ripas Karouany florentem, n° 937. Flores plurimi steriles minimi pedicello capillaceo elongato suffulti, in vivo luteolo-virentes.

H. malpighifolia Rudge, tab. 8.

Rara. Ad Maroni legit Mélinon.

Variat inflorescentia diffusa et leviter contracta, floribus paulo majoribus aut minoribus, plus minus longe pedicellatis. Petala verosimiliter albida. Fructum non vidi.

Salacia multiflora Rich.

Glabra. Folia ovato-oblonga, integra, apice acuminata, breviter petiolata, coriacea, nitida. Flores virentes cymis axillaribus et terminalibus multifloris dispositi. Petala oblongo-linearia, patentia, discus valde prominens. Fructum maturum non vidi. Folia longa 9 cent. lata 4. Florum diam. 1/2 cent. Satis frequens, Herb. Sagot, n° 76.

S. macrophylla Miquel, tab. 23.

Proxima *Sal. multifloræ*, a qua diagnoscitur foliis majoribus, nervis lateralibus numerosioribus notatis, floribus majoribus, petalis rotundis, ramulis paniculæ floridæ rufo-puberulis. Rara. Fructiferam primus legit Perrottet, Herb. Mus. Par. fructus oblongus (an forma normalis?). Posterius in Maroni legit am. Bar in insula Portal. In Maroni superiori legit Kappler, n° 1806 et 1006. Hostmann, n° 232. Verosimiliter fructus maturus longitudinem 10 ad 15 centim. præbet.

S. rugulosa Sagot.

Affinis *Salaciæ multifloræ*, a qua diagnoscitur floribus albis nec virentibus, petiolis foliorum crassioribus brevioribus, epidermide rugoso-griseo obtectis, fructibus jam junioribus, griseo-rugulosis lenticellatis.

Frutex sarmentose scandens. Ramuli lignosi griseo-lenticellati. Folia ovato-oblonga, integra, lævia, breve petiolata, petiolo crasso rugoso. Paniculæ florales amplæ, diffusæ, multifloræ. Flores albi odorati; discus hemisphæricus prominens; stamina quam in aliis paulo longiora; stylus brevis simplex. Fructus ovatus epidermide griseo lenticellari. Fructum maturum non vidi. Folia 16 aut 10 cent. longa, 7 aut 5 lata. Rara. Ad ripas Karouany semel legi, n° 904.

S. erythroxyloides St-Hil. Var.

Ad Maroni legit Mélinon Herb. Mus. Par. Ramuli lignosi, robusti, densissime tuberculato-lenticellares. Folia ovato-oblonga, majusculo, integerrima, glaberrima, ovato-oblonga, lævia, crasse coriacea, 15 cent. longa, 6 lata, petiolo 1 cent. crasso. Nervi laterales vix conspicui. Flores verisimiliter virentes, breve pedicellati, pauco numero fasciculati, fasciculis axillaribus, et ad axillas foliorum delapsorum in ligno ramorum insertis. Sepala calicis rotundata; petala obovata, calice duplo aut triplo longiora; stamina 3 brevia; discus margine subtenuis. Pedicelli 1/3 centim. Flores quam in

S. multiflora non majores. Folia apice parce acuminata aut sub obtusa.

Suspicor ad hanc speciem referri posse diversa specimina in Guyana anglica et Brasilia collecta, aspectu variabili donata, ob folia minora aut majora, ramulos robustos aut tenues, virgatos aut ramosos, cymas florales densiores aut paulo magis laxas. Folia semper crassa lævia occurrunt. Modus vegetandi specierum hujus generis tales variationes non recusat.

S. parviflora Sagot. *S. serrata* St-Hil. var. *anomala*? Glaberrima, scandens. Folia ovato-oblonga, crenata, crassiuscule coriacea. Flores minimi virentes, dispositi in cymas axillares, fasciculatas, densas, multifloras, insignes ramulis brevibus articulatis, bracteolato-squammatis. Fructus globoso-piriformis, carnosus, maturus lutescens. Folia 12 cent. longa, 5 lata, petiolo 1 cent. et ultra. Notas e vivo de flore non servavi. Specimina sicca alabastra juniora tantum præbent. Rara; La Mana, Sagot, nº 1090.

Planta inflorescentia articulata, in sicco fragili, valde distincta. An forma fertilis anomala??

Folia cum speciminibus Brasiliensibus conveniunt, inflorescentia satis diversa præditis.

S. scandens Griseb. *Tontelea scandens* Aubl., t. 10.

Planta Aubletii in Sinnamari superiore lecta, e tabula et descriptione insignis est foliis oblongo-lanceolatis, integris, apice acuminatis, glabris; floribus parvulis virentibus, petalis erectis præditis; fructu carnoso. Folia tactu scabra non dicuntur. De Candolle *Tonteleam Aubletii* ad *S. scabram* syn. *Tonteleam scabram* Vahl, in insula Trinitatis lectam, traxit, me judice planta Aubletii melius convenit cum specimine a cl. Martin in Guyana lecto, foliis nullo modo asperis, lanceolatis, prædito, floribus parvulis in cymas parvas axillares aut terminales, ramulis floriferis gracilibus, dispositis.

Ad Sinnamari superius Aublet legit. Specimen authenticum non vidi. Cayenne, Martin herb. Mus. Par.

Specimina Antillana a cl. Grisebach determinata non vidi. Stirpem juniorem foliiferam aspectu Hippocrateaceo vivam in Karouany vidi, foliis lanceolatis asperrimis et caule aspero. An *S. scabra*?

Macahanea guianensis Aubl., tab. 371, e sententia cl. Triana ad Hippocrateas referenda est. Ipse ita censeo post tabulam attente examinatam et descriptionem sedulo lectam. Folia videntur analoga *Sal. serratæ* Brasiliæ.

TRIGONIACEÆ.

Trigonia villosa Aubl., t. 149, synon. plurima, frequens.

T. subcymosa Benth. *Tr. hypoleuca* Griseb.

In Maroni superiore legit. Richard. Affinis *T. villosæ*, sed folia membranacea, subtus eximie puberulo-incana, nec molliter albo-tomentosa.

T. lævis Aubl., t. 150.

Valde frequens sed rarissime cum fructu tabulæ Aubletii conformi collecta.

Var. *microcarpa*.

Fructus parvus obcordato-trigonus sæpius sterilis. Folia glabra.

Frequens. Coll. Sagot, n° 36.

Diversæ *Trigoniæ* species magno spatio in America intertropica crescunt, et diversis regionibus ut species distinctæ descriptæ sunt.

Locus *Trigoniæ* inter familias mihi incertus manet.

De Candolle genus *Trigoniam* post Hippocrateaceas collocavit, me judice immerito. Ordinem Prodromi in hoc catalogo secutus sum. Endlicher ut familiam propriam Trigoniaceas admisit et post Polygaleas posuit. Alii aliquid affinitatis cum

Sapindaceis suspicati sunt. Nuper cl. Baillon duxit ad Vochysiaceas mediante *Lightia*, quæ aliquid similitudinis præbet, Çæteris generibus forma valde diversa præditis.

In vivo florem parvulum *Trigoniæ lævis* var. *microcarpæ* sedulo observavi et in notis descripsi.

Descriptio optime quadrat cum descriptione Aubletii *Trig. villosæ* floribus majoribus præditæ, quam ipse ulterius vivam vidi, sed attente observare neglexi. Hæc enim de vivo scripsi : calyx 5-sepalus, subirregularis, sepalis basi coalitis, duobus inter quæ proeminet calcar petali vexilliformis remotioribus. Petala 5, petalum superius (ab Endlicher posticum designatum) vexilliforme, basi extus brevissime calcaratum, paulo majus; petala lateralia duo alæformia angustiora, utrum utro apice incumbentia ob id vexillo veluti anteposita, petala inferiora (in Endlicher antica) concava utrum utro adpressa, genitalia includentia, subcarinæformia. Stamina minima, fertilia 6, filamentis coalitis vaginam superne fissam constituentibus, stamina sterilia ad filamentum reducta, paucissima. Antheræ biloculares basi insertæ, ovatæ, minimæ. Pollen (sub microscope) ovato-rotundum. Ovarium liberum, tenuiter sericeum, globoso-fusiforme. Stylus simplex, stigma capitatum.

In analysi e sicco floris *T. villosæ* formas similes observavi et id tantum peculiare notavi ob florem majorem facilius observatum. Alabastrum basi dorso gibbosulum, gibbositate ad calcar petali vexilliformis spectanti. Calyx basi receptaculo coalitus, evidentius irregularis, sepalis duobus paululo majoribus utro latere calcar stipantibus, uno e sepalis inferioribus angustiori interiori ad sepalum vicinum approximato, non facillime in analysi separatum. Petalum vexilliforme, circa breve calcar valde incrassatum, ibique intus puberulum. Petala carinæformia, oblonga, superne in lineam curvulam incrassato-plicata, genitalia involventia. Corolla in alabastro imbricata, leviter contorta, petalis alæformibus extus involutis. Stamina fertilia 6 aut 7, vagina superne fissa, glandulis duobus ad basim calycis juxta ovarium (ut Endlicher observavit) manifestis. Stigma discoideo-capitatum. Stylus brevis post anthesim leviter accretus.

ERYTHROXYLEÆ

Distinctio specierum in genere *Erythroxylon* difficillima, non tantum ob flores minutos et folia sæpe parum diversa, sed ob diversam in eadem stirpe ramulorum indolem. Occurrunt enim rami valde vigentes, cito elongati, foliis majoribus remotioribus et præsertim stipulis multo longioribus muniti, et ramuli mediocri vigore præditi folia minora et stipulas breves, cito caducas, ferentes. In nonnullis speciebus sunt rami floriferi proprii, brevissimi, crassi, aphylli, squammis stipulæformibus dense obsiti, flores numerosissimos ferentes, post fructus maturos vulgo morituri, aliquando tamen apice in ramum foliaceum elongatum transeuntes. Flores in eadem specie aliquando observantur axillares pauci aut in aliis ramis numerosissimi et e tuberculis parvis squammuligeris prodeuntes e ligno ramorum aut ex axilla foliorum, vel paulo supra axillam. In schedulis raro color floris et color fructus maturi indicantur. Fructus videtur quandoque in eadem specie ovatus occurrere aut oblongo-elongatus. Species nonnullæ, improprie triplinernerviæ dictæ, præbent in foliis lineolas duo longitudinales nervo medio parallelas, sæpe subinconspicuas.

Erythroxylon macrophyllum Cav.

Species magna, insignis foliis maximis subtus glaucis, stipulis longioribus, lobis calycis magnis latisque. Fructus maturus luteus.

In sylvis passim Coll. Sagot, nº 108.

E. squamatum Vahl.

Cito agnoscendum ramulis floriferis propriis brevibus dense squamuligeris, aphyllis, flores numerosissimos confertos ferentibus. Fructus ovatus, maturus coccineus.

Circa Cayennam.

Specimen Guadalupense habeo fructu oblongo insigne, ab amic. Duchassaing collectum.

E. mucronatum Benth.

Diagnoscitur calyce minimo, lobis calycinis acutissimis, floribus minimis in vivo virentibus, stipulis sat longis, striatis, foliis crassis coriaceis, nervis lateralibus subtus subinconspicuis. Fructus ovatus. Siccando nigrescit.

In arenosis juxta vicum Mana abundantem observavi. Sagot coll., nº 107.

Var. *major*.

Foliis majoribus, fructu oblongo elongato. In sylvis Maroni, insula Portal.

E. ligustrinum DC.

Vidi specimen authenticum in Herb. Prodromi.

Var. *grandifolium*.

Vidi vivum in sylvis Maroni, insula Portal.

Folia ovato-oblonga apice acuminata, 10 aut 15 cent. longa, 4 aut 6 lata, membranaceo-firmula, nervis lateralibus conspicuis, leviter prominulis, reticulatis. Flores albi ut in genere majusculi.

Fructus oblongus. Fructum perfecte maturum non vidi. Flores in specimine meo parce numerosi, pedicello 1 cent. vix longo; sepala calycis satis parva, basi latiuscula apice attenuato-acuta. Styli graciles longiusculi sed non staminibus longiores ut in Prodromo dicitur.

E. lineolatum DC., Syn. *E. Coca?*

Vidi specimen authenticum in herbario Prodromi.

Planta a Patris lecta, ab aliis speciebus Guyanæ bene distincta, sed forsan conjungenda cum *Er. Coca* quod non tantum in Peruvia ad originem fluminum in vallem Amazonicam fluentium, sed in tota valle Amazonica, ut et in nova Granada sponte crescit, aut colitur ab Indis, ut stimulans tonicumque usitatum.

Folia ovata, mediocri magnitudine, subtus glauca subtenuiter membranacea, trilineolata, 9 cent. 12 cent. longa, 3 circiter lata, petiolo 1/2 cent.

Fructus ovato-oblongus.

In herbario Musei Paris. Vidi specimen siccum a cl. Martin lectum, *Er. havanense* salutatum, quod mihi videtur esse *Er. cumanense* H. B. K. aut forsan *E. obtusum* DC. Griseb. Flor. W. Ind. Insigne est ramis tortuosis, ramosis, foliis sub parvis ovatis, sæpe subobtusis, subsessilibus, membranaceis, fructu parvo ovato, lævi, pulchre coccineo, pedicello fructui æquilongo aut paululo longiori. Miror hanc speciem in Cayenna solus Martin legisse. Valde simile mihi visum fuit in eodem herbario ab Humboldt et Bonpland circa Cumanam lectum. Specimina *Er. havanensis* ex Cuba collecta differunt.

SUR QUELQUES

FORMATIONS CELLULOSIENNES LOCALES

Par M. J. VESQUE.

1. — ÉLÉMENTS NOUVEAUX DANS LE LIBER DES ACANTHACÉES

M. E. Pfitzer (1) a décrit dans les *Aerides odoratum* et *quinque vulnerum* de longues fibres sans cavité qui naissent en grand nombre dans une cellule du parenchyme fondamental. Ces fibres, longues d'un tiers de millimètre à six millimètres, épaisses de 1/70 à 11/30 de millimètre, ne sont primitivement qu'un épaississement longitudinal de la paroi à laquelle elles adhèrent par une arète, mais si faiblement qu'elles s'en détachent avec la plus grande facilité.

J'ai rencontré des productions d'apparence analogue, mais d'une origine probablement différente dans quelques représentants de la famille des Acanthacées, tels que les *Cyrtanthera catalpæfolia*, *Meninia turgida*, *Adhatoda ventricosa* et les *Fittonia*. Lorsqu'on pratique des coupes longitudinales dans la tige ou le pétiole de ces plantes, on trouve par-ci par-là quelques aiguilles atténuées aux deux bouts, disséminées sur les coupes ou dans le liquide de la préparation. Ces aiguilles, qu'on prendrait à première vue pour des raphides, s'en distinguent par leur double contour et par leur forme légèrement onduleuse (fig. 3, pl. 9). La coupe transversale montre qu'elles sont creuses ou tout au moins remplies par une matière beaucoup moins dense que la paroi nettement limitée à l'intérieur. L'iode et l'acide sulfurique les colorent en jaune mélangé de bleu ; elles consistent donc en cellulose incomplètement lignifiée.

---

(1) Pfitzer. Beobachtungen über Bau und Entwickelung epiphytischer Orchideen. — II. Ueber eigenthümliche Easerzellen im Gewebe von *Aerides*. — *Flora*, 1877, p. 241, pl. V.

Ces aiguilles sont contenues au nombre d'une vingtaine dans de grandes cellules ordinairement pointues aux deux bouts et disposées de distance en distance au milieu du liber mou, le plus souvent très près du bois. La figure 1 montre la coupe transversale d'une de ces cellules située pour ainsi dire dans le cambium même, dans la troisième assise à partir du bois. Les figures 2 et 4 les représentent sur des coupes longitudinales. A l'état jeune, elles ne sont pas absolument libres dans la grande cellule, mais empâtées dans une masse grisâtre de tout point semblable aux régions mitoyennes partiellement gélifiées des éléments ordinaires du liber mou.

Quant à leurs dimensions, elles sont beaucoup plus petites que celles de l'*Aerides*, ainsi que le montrent les quatre figures dessinées au grossissement de 600 ou de 300 diamètres.

Le développement de ces fibres se fait très rapidement et je dois avouer que mes recherches dirigées dans ce sens ne m'ont pas conduit à une certitude absolue. La présence de cette matière qui empâte les petites fibres, la cavité dont celles-ci sont creusées, leur dissémination au milieu de la cellule qui en est presque remplie, sont pourtant autant d'arguments qui plaident en faveur de leur développement par cloisonnement de la cellule-mère. Ce seraient dans ce cas de vraies fibres libériennes semblables à celles des autres Acanthacées, mais réunies en plus grand nombre dans une cellule-mère dont la paroi propre s'est conservée.

Leur position au milieu du liber mou n'a en effet rien d'anormal, car les petits faisceaux de fibres libériennes occupent généralement cette place dans la famille des Acanthacées.

2. — Les cellules gommeuses du testa des Æthionema.

On sait que les graines des Crucifères, mises en contact avec de l'eau, se couvrent d'une couche de mucilage due au gonflement des parois externes gélifiées de l'épiderme.

Dans les *Lepidium* et le *Capsella Bursa-Pastoris*, qui sont très voisins du genre *Æthionema*, toute la paroi de l'assise externe du testa se gonfle sauf une mince membrane qui limite la cavité de ces cellules, et qui persiste dans les cellules gélifiées sous la forme d'une petite columelle creuse.

Les espèces du genre *Æthionema*, notamment celles à petite graines (comme l'*Æ. Buxbaumii*) présentent une modification de ces cellules gommeuses, fort intéressante au double point de vue du rôle biologique et de la production locale de matière cellulosienne.

La figure 5 représente le profil de la graine sèche, la figure 6 celui de la graine trempée dans l'eau. Au contact du liquide, la surface s'est couverte d'une multitude de longs appendices terminés par un bouton qui donnent à la graine l'apparence d'un oursin muni de ses ambulacres. Tous ces bras ne sont cependant pas de même taille, il y en a de grands et de petits; chaque cellule s'allonge en effet en absorbant de l'eau, mais le degré de perfectionnement de l'appareil gommeux est extrêmement variable.

Si l'on examine au microscope la surface de la graine, on la voit couverte d'une multitude de cellules discoïdes de dimensions variables, marquées au centre d'un petit cercle ou d'une étoile obscure entourés d'un ou de plusieurs cercles concentriques ; toute la masse est en outre striée à la manière d'un grain de fécule (fig. 7). Sur la coupe transversale du testa (fig. 8), on reconnaît que ce disque est formé par la membrane externe très épaisse d'une cellule aplatie, au milieu de laquelle on distingue quelquefois un cylindre axile faisant corps avec l'épaississement à sa partie supérieure, mais descendant librement vers l'intérieur de la cellule. Ce cylindre est étroitement embrassé par les parties environnantes de la membrane épaissie. Tout le disque réfringent et strié de même que le cylindre central se sont gélifiés et absorbent l'eau avec une très grande avidité en se gonflant d'une manière extraordinaire (fig. 10). L'anneau externe comprime pendant sa dilatation le cylindre axile, se glisse même un peu au-dessous de cette partie elle-même gonflée et la projette vivement en dehors; toute résistance ayant alors cessé (fig. 10) à la partie inférieure de l'appareil, cet anneau se contracte comme un sphincter, oblitère la cavité située au-dessous du cylindre central et donne à l'ensemble l'aspect de la figure 9.

Il est impossible de méconnaître dans ces curieuses cellules une disposition fort ingénieuse destinée à produire un gonflement *en hauteur* plus considérable que dans les cellules gélifiées ordinaires.

Les figures 11 à 13 représentent les différentes phases du développement de ces appareils. Les cellules qui s'apprêtent à se transformer se distinguent d'abord de leurs voisines par leurs dimensions (fig. 11), leurs parois externes se bombent en dehors, ainsi que le montre la coupe transversale (fig. 12) et elles constituent bientôt des papilles sphériques (fig. 13) contenant un noyau retenu dans le voisinage du sommet par du plasma chargé d'une multitude de grains d'amidon. La paroi s'épaissit suivant une calotte terminale (fig. 13 et 14); la partie épaisse, gélifiée à mesure qu'elle se forme, se creuse en bas d'une petite cavité conique centrale (fig. 14 et 15); bientôt (fig. 15) l'épaississement représente un cylindre qui descend du sommet vers le milieu de la cellule, et n'est autre chose que le cylindre axile de la figure 8. Les mêmes modifications, épaississement et gélification, s'étendent graduellement du haut en bas le long des parois latérales de la papille (fig. 14 et 15) pour constituer l'anneau dont la contraction fait ressortir plus tard le cylindre axile.

EXPLICATION DES FIGURES

PLANCHE 9

Fig. 1 à 4. Fibres des Acanthacées.

Fig. 1. Coupe transversale du liber mou de *Fittonia*. La cellule contenant les fibres appartient à la troisième assise du liber. Gr. 600.

Fig. 2. Coupe longitudinale d'une cellule contenant les fibres. Gr. 300.

Fig. 3. Fibre isolée.

Fig. 4. Bord d'une coupe radiale du liber mou du pétiole du *Cyrtanthera catalpæfolia* montrant les fibres qui dépassent le bord de la coupe.

Fig. 5 à 15. Papilles gommeuses de l'*Æthionema Buxbaumii*.

Fig. 5 et 6. Profils de la graine sèche et de la graine placée dans l'eau. Gr. 15.

Fig. 7. Aspect de la surface de la graine sèche. Gr. 150.

Fig. 8. Coupe transversale de la papille sur la graine sèche, préparée dans la glycérine. Gr. 150.

Fig. 9. Papille complètement gonflée. Gr. 150.

Fig. 10. Papille incomplètement gonflée. Gr. 150.

Fig. 11. Cellules superficielles du très jeune testa. Gr. 150.

Fig. 12. Les mêmes sur la coupe transversale. Gr. 150.

Fig. 13. Jeune papille présentant un commencement d'épaississement. Gr. 150.

Fig. 14. La même plus avancée.

Fig. 15. La même approchant de son état définitif. Gr. 150.

LA
TIGE DES AMPÉLIDÉES

Par M. D'ARBAUMONT.

Il n'existe pas, à ma connaissance, de travail d'ensemble sur l'anatomie des Ampélidées. Tout se borne à ce qu'on trouve dans les traités généraux et aux observations isolées et de détail dont les espèces les plus communes ont pu être l'objet.

Cette étude ne serait pas cependant sans intérêt, et le présent mémoire est consacré à en faire connaître un fragment. Il n'y sera question que de la tige, mais de la tige considérée sous tous ses aspects, c'est-à-dire au quintuple point de vue de sa structure, de son développement, de la constitution élémentaire de ses tissus, des principaux produits qu'on y rencontre, et enfin des caractères histologiques différentiels qui peuvent lui être empruntés pour la classification des espèces.

La simple énumération des principales divisions de ce travail, et des sous-divisions qu'elles comportent, achèvera de nous bien fixer sur sa nature et sur les limites où j'ai cru devoir le renfermer.

CHAPITRE PREMIER : Écorce primaire.
  1° *Structure générale de l'écorce primaire;*
  2° *L'épiderme et ses annexes*;
  3° *Suber ou périderme;*
  4° *Collenchyme;*
  5° *Parenchyme cortical.*
CHAPITRE DEUXIÈME : Moelle.
CHAPITRE TROISIÈME : Structure et évolution en diamètre du cylindre libéro-ligneux.
  1° *Structure du liber;*
  2° *Structure du bois et évolution du cylindre libéro-ligneux.*
CHAPITRE QUATRIÈME : Constitution élémentaire du cylindre libéro-ligneux.
 Première section : Éléments du liber.
  1° *Liber mou ;*
  2° *Fibres libériennes.*

Deuxième section : Éléments du bois.
- 1° *Fibres ligneuses ;*
- 2° *Fibres vasculaires ;*
- 3° *Vaisseaux ;*
- 4° *Parenchyme ligneux.*

CHAPITRE CINQUIÈME : Contenu des cellules.
- 1° *Cellules à raphides ;*
- 2° *Tanin ;*
- 3° *Amidon et ses succédanés.*

CHAPITRE SIXIÈME : Classification.

Avant d'aller plus loin, je dois offrir mes remerciements bien sincères à M. Decaisne, de l'Institut, directeur des cultures du Muséum, à M. le Dr Edmond Bonnet, préparateur du cours de botanique dans le même établissement, et à M. Weber, jardinier en chef du jardin des plantes de Dijon, qui ont mis une égale obligeance à me procurer les éléments de mon travail. Je leur en suis infiniment reconnaissant. Grâce à eux, j'ai pu étudier 85 espèces ou variétés, soit à peu près la moitié des formes connues. Pour 28 d'entre elles, j'ai eu à ma disposition des échantillons vivants provenant des cultures du Muséum et de celles du jardin botanique de Dijon. Toutes les autres ont été empruntées à l'herbier du Muséum, à l'exception de la vigne ordinaire et de la vigne vierge, que j'ai pu étudier d'après des échantillons de mon propre jardin. Voici du reste la liste complète des espèces, avec les indications nécessaires pour en contrôler l'identité.

Vitis vinifera. L. *var. pl. in hort. prop. cult.*

V. vinifera. L. *var. laciniosa.*
— — L. *var. purpurea.*
V. canescens.
V. cebennensis.
V. amurensis. Rupr. Mantchourie.
V. labrusca. L. Amér. sep.
V. riparia. Michx. Amér. sep.
V. virginiana. Amér. sep.
V. vulpina. L. Amér. sep.
V. rupestris. Scheele. Nouv. Mex.
V. monticola. Buckley. Texas.

Cult. in hort. bot. Par.

V. æstivalis. Michx. Floride.
V. coriacea. Schut. Floride.
V. sylvestris. Cult. in hort. bot. Div.
V. flexuosa. Thunbg. Japon.
V. parvifolia. Roxbg. Inde.
V. tomentosa. Rupr. Inde.
V. erythrodes. Fres. Abyssinie.
V. indica. L. Java.
V. bipinnata. Torr. et Gr. Amér. sep.
V. glandulosa. Wall. Népaul.
V. lanata. Roxbg. Inde.
V. persica. Boiss. Perse.
V. brevipedunculata. Maxim. Mantchourie.
V. cordata. Roxbg. Ind. or.

V. pallida. W. et A. Inde.
V. heterophylla. D C. Japon.
V. (*Cissus*) *aculeata.* Miq. Timor.
V. (*C.*) *nodosa.* Miq. Java.
V. (*C.*) *lanceolaria.* Roxbg. Ceylan.
V. (*C.*) *pedata.* Roxbg. Ind. or.
V. (*C.*) *japonica.* Thunbg. Java.
V. oxyphylla. C. Schimperi. Steud. Abyssinie.
Cissus vitifolia. Boiss. Perse.
C. polythyrsa. Miq. Bornéo.
C. thyrsiflora. Miq. Sumatra.
C. ferruginea. Miq. Afr. aust.
C. hymalayana. Royle. Ind. or.
C. capensis. Thunbg. Cap.
C. cantoniensis. Hook. Macao.
C. compressa. Bl. Java.
C. angulata. Lam. Ind. or.
C. papillosa. Bl. Java.
C. carnosa. Roxbg. Ind. or.
C. adnata. Wall. Ind. or.
C. pergamacea. Bl. Java.
C. Mappia. Lam. Ile Maurice.
C. palmata. Poir. Montévidéo.
C. vitiginea. L. Inde.
C. adenocaulis. Steud. Abyssinie.
C. rufescens. Guill. et Perr. Sénégambie.
C. genicula. Bl. Java.
C. glauca. Roxbg. Ceylan.
C. mollis. Steud. Abyssinie.
C. elegans. Cult. in hort. bot. Div.
C. quadrangularis. L. Ceylan.
C. populnea. Guill. et Perr. Abyssinie.
C. serpens. Hocher. Abyssinie.
C. orientalis. Lam. Asie mineure.
C. striata. R. et Par. Chili.
C. heterophylla. Thunbg.
C. inæquilatera.
C. bipinnata.
C. aconitifolia.
C. serjaniæfolia.
C. hypoleuca.
C. tuberculata. Jacq. Amér. mér.
Cult. in hort. bot. Par.
C. discolor. Bl. Java. *Cult. in hort. bot. Par. et Div.*
C. antarctica. Vent. Nouv. Hol. *Cult. in hort. bot. Par. et Div.*
Ampelopsis (*Cissus*) *quinquefolia. Hedera quinquefolia.* L.
A. tricuspidata. S. et Z. Chine.
A. dissecta. Cult. in hort. bot. Div.
A. pubescens ou *Roylei. Cult. in hort. bot. Div.*
A. rotundifolia ou *Weitchii. Cul. in hort. bot. Div.*
A. hederæfolia. Cult. in hort. bot. Div.
Leea staphylea. Roxbg. Ind. or.
L. sambucina. Roxbg. Penang.
L. hirsuta. Bl. Batavia.
L. parallela. Cult. in hort. bot. Calcuttensi.
L. hirta. Bl. Indes.
L. aculeata. Bl.
L. robusta. Roxbg. Java.
L. robusta. Roxbg. Ind. or. (1).
Pterisanthes cissoïdes. Java.

---

(1) Je tiens de M. le docteur Bonnet que les deux échantillons ainsi étiquetés au Muséum, proviennent, le premier (Java) de l'herbier de Blume, le second (Ind. or.) des collections de MM. Hooker et Thomson. Ils se rapportent, en réalité, à deux espèces différentes. Dans *L. robusta* (Java), les feuilles sont serretées, ovales, lancéolées, assez brièvement atténuées en un long acumen linéaire. Les divisions du calice, légèrement marginées, ne portent que quelques poils extrêmement courts, unicellulaires. Les feuilles de l'autre espèce sont lancéolées, obtuses, très lâchement serretées. Le calice (à divisions non marginées), est couvert, de même que les bractées, de poils assez longs, simples, pluricellulaires, striés en dents de limes. La structure de la tige n'est pas non

CHAPITRE PREMIER

L'ÉCORCE PRIMAIRE.

1° *Structure générale de l'écorce primaire.* — L'étude de l'écorce primaire chez les Ampélidées nous met de suite en présence de deux groupes naturels bien distincts, dont l'un, de constitution très homogène, correspond assez exactement à la section *Euvitis* de M. Planchon, ou aux *Vites veræ* de Durand (1). Le second, bien plus riche en espèces, se montre aussi plus flexible, les différences de structure qu'on y constate étant assez importantes pour en motiver le fractionnement en plusieurs sections subordonnées.

L'écorce primaire des *Vites veræ* est constituée par une couche de tissu fondamental peu épaisse, où les formations collenchymateuses tiennent en général peu de place, et sur laquelle se détachent très nettement en coupe horizontale les volumineux faisceaux des fibres libériennes.

L'existence de cette écorce est éphémère chez toutes les espèces du groupe. Elle s'isole, en effet, de très bonne heure du cylindre libéro-ligneux par la formation d'une couche continue de tissu subéreux très délicat, qui se développe à la limite externe du liber mou, avec sinus rentrant sur le prolongement des rayons médullaires (2). Complètement fermée de la sorte à l'accès du liquide séveux, l'écorce primaire ne tarde pas à se mortifier et elle finit toujours par se détacher des tissus sous-jacents sous forme de lanières plus ou moins étroites, en entraînant dans sa chute les faisceaux fibro-libériens placés comme elle en dehors de la couche phellogène.

L'enveloppe corticale directement issue du tissu générateur

plus tout à fait la même. Dans la seconde espèce, les tissus sont beaucoup moins denses, et rappellent assez contrairement à ce qu'on observe dans les autres *Leea*, ceux de certains *Cissus* à tige molle et peu lignifiée.

(1) *Bul. de la Soc. bot.* tome XXI, p. 108

(2) Pl. 1, fig. 11.

primitif étant ainsi détruite, et la moelle en partie mortifiée, comme nous le verrons plus loin, l'activité végétative de la tige se trouve désormais concentrée tout entière dans le cylindre libéro-ligneux et dans les assises périphériques du tissu médullaire

L'assise phellogène, absente ou tout au moins stérile chez quelques espèces de la seconde section, n'est jamais reportée, quand elle y existe, à la limite externe du liber mou, comme chez les *Vites veræ*. Elle correspond constamment à l'assise sous-épidermique comme dans la grande majorité des Dicotylédonés ligneux. Aussi l'écorce primaire persiste-t-elle longtemps dans la plupart des espèces de cette section; elle y acquiert même le plus souvent une épaisseur assez considérable et conserve toute son activité physiologique.

Seuls quelques *Leea* pourraient bien faire exception à cette règle. Ce n'est pas qu'il existe chez ces plantes de couche phellogène intralibérienne; je ne l'y ai du moins jamais constatée; mais les faisceaux fibro-libériens y sont très volumineux, très rapprochés les uns des autres, comme dans les Vignes ordinaires, et les couches de liber mou qui les avoisinent ont une texture extrêmement délicate. Ces diverses circonstances ne sont pas de nature à favoriser l'adhérence de l'écorce primaire. Je serais plutôt tenté de croire qu'elle doit assez promptement se détacher en lanières, comme celle des vrais *Vitis*. Si cette supposition se vérifiait, il y aurait toujours, entre les deux phénomènes, cette différence importante que l'exfoliation de l'écorce chez les *Leea* proviendrait simplement de la désorganisation plus ou moins prompte de tissus normalement disposés, tandis que chez les *Vites veræ*, elle est une suite nécessaire du mode spécial de structure de la plante.

Après ce coup d'œil d'ensemble sur l'organisation de l'écorce primaire, je passe à l'étude des différentes régions tissulaires qu'on y peut reconnaître.

2° *L'épiderme et ses annexes.* — A. Les mailles du réseau épidermique, peu régulières et assez serrées dans la plupart des espèces où j'ai pu l'étudier, s'allongent au contraire beaucoup dans les *C. heterophylla*, *C. serjaniæfolia*, *A. rotundifolia*, et surtout dans le *C. hypoleuca*, où cette disposition correspond, comme nous le montrerons plus loin, à un allongement non moins notable des cellules médullaires.

L'épiderme assez fugace chez beaucoup d'Ampélidées ne se montre généralement durable que dans les espèces où la couche cuticulaire acquiert une certaine épaisseur, telles que les *C. antarctica*, *C. inæquilatera*, *A. hederæfolia*, *A. pubescens*, et quelques autres. Chez le *C. antarctica*, cette couche forme à la tige un revêtement très consistant, d'aspect luisant et coriace, tandis que dans l'*Ampelopsis quinquefolia*, elle s'altère promptement en prenant une consistance cireuse. Dans les *C. striata*, *C. inæquilatera* et *Ampelopsis pubescens*, elle se montre au contraire sillonnée de stries longitudinales plus ou moins bien caractérisées.

B. J'ai montré ailleurs (1) : 1° que les lenticelles de l'*A. quinquefolia* se forment par confluence sous un groupe de stomates de moyenne grosseur, disposés comme autant de satellites autour d'un grand stomate central ; qu'en dehors des groupes lenticellaires, les stomates de la même plante subissent un arrêt de développement très remarquable.

Il eût été intéressant de rechercher si les lenticelles se forment de la même manière chez quelques autres plantes de la même famille. Malheureusement, les éléments d'observations suivies m'ont fait défaut. Ce serait donc une étude à reprendre. Je me suis borné à constater l'extrême rareté des stomates ou même leur absence complète sur les tiges lignifiées de certaines espèces où les lenticelles sont en revanche abondantes ou assez volumineuses. Dans ce dernier cas surtout (*C. antarctica*), il est infiniment probable qu'elles proviennent, comme celles de l'*A. quinquefolia*, de la fusion d'un groupe primordial de stomates.

Quelle que soit d'ailleurs leur origine, tantôt les lenticelles sont réparties irrégulièrement sur le pourtour de la tige, tantôt on les trouve disposées en séries plus ou moins rectilignes dans l'intervalle des côtes qui correspondent aux cordons collenchymateux situés en face des faisceaux fibro-vasculaires. Cette double remarque a son intérêt ; j'espère montrer plus loin qu'elle vient à l'appui des observations que je me réserve de présenter alors sur la dépendance réciproque de l'appareil stomatique et des couches purement parenchymateuses de l'écorce.

---

(1) Observations sur les stomates et les lenticelles du *Cissus quinquefolia* *Bul. de la Soc. bot.* tome XXIV, pp. 18 et 48.

Il est à peine besoin d'ajouter qu'on ne trouve jamais de vraies lenticelles sur la tige des Vignes de la section *Euvitis*. La chute précoce de l'écorce primaire chez ces plantes, et l'absence d'une assise phellogène sous-épidermique y fait absolument obstacle à leur formation.

On n'en trouve pas davantage chez les quelques espèces de *Cissus* et de *Vitis* à écorce normale où cette même assise reste stérile. Elles y sont remplacées, comme chez les vrais *Vitis*, par de petites protubérances ou papilles de tissu subériforme, mais tout à fait superficielles. Dans le *C. quadrangularis*, ces papilles prennent un développement considérable, ce qui pourrait les faire prendre au premier abord pour de véritables lenticelles. En y regardant de près, on s'aperçoit qu'il n'en est rien. Ces curieuses formations, légèrement bombées à l'extérieur, s'appliquent simplement contre le parenchyme cortical dont elles sont séparées par une couche de cellules scléreuses.

Les papilles du *Leea hirta* ont à peu près le même aspect que celles de l'espèce précédente, tandis que dans le *C. papillosa* elles forment sur la tige des protubérances volumineuses tout à fait anormales.

C. Relativement à la forme des stomates, je n'ai que de très courtes observations à présenter. Les deux cellules de bordure se rapportent toutes au type vulgaire. Tantôt elles surgissent sans transition au milieu des cellules polygonales de l'épiderme, tantôt, comme dans le *C. populnea*, elles sont entourées d'une double ou triple assise de cellules rayonnantes. Dans le *C. inæquilatera*, elles sont profondément enchâssées au fond d'une dépression circulaire de l'épiderme, qu'entoure une couronne de cellules également rayonnantes, à rebords cuticularisés et striés.

D. Les poils caulinaires, les seuls dont il puisse être question ici, font à peu près défaut dans quelques espèces, tandis que dans certaines autres ils sont, au contraire, assez abondants, mais presque toujours essentiellement caducs. J'en ai observé un certain nombre de types que je décrirai successivement.

La tige du *C. hypoleuca* est garnie de poils généralement assez longs, simples, pluricellulaires, légèrement étranglés aux articulations, avec des parois minces et lisses, et un diamètre égal ou à peu près sur toute leur longueur. Leur base, cylindrique ou mollement polygonale, s'insère presque toujours au point de rencontre d'un groupe de cinq à huit cellules régulièrement convergentes. Leur diamètre à la base est d'environ 0mm,010.

Les poils sont assez abondants chez le *C. angulata* ; ils diffèrent des précédents en ce que, tout en atteignant une longueur égale, ils sont formés d'un nombre beaucoup plus considérable de courtes cellules.

Les cellules sont courtes aussi dans les poils du *C. rufescens*, mais légèrement articulées comme dans le *C. hypoleuca*, et de plus les poils sont arrondis à l'extrémité. Celle-ci s'atténue, au contraire, insensiblement dans les poils du *C. mollis* et du *V. glandulosa*, tandis qu'elle se montre aiguë et acérée dans ceux du *L. hirta*. L'épiderme, dans cette dernière espèce, est, en outre, parsemé de formations concrétionnées qu'il eût été intéressant d'étudier sur le vif. Ce sont des masses souvent assez volumineuses d'une substance réfringente à surface mamelonnée ou lobée, avec divisions internes rayonnant autour d'un centre où se trouve leur point d'attache sur l'épiderme. On dirait un amas de petites pyramides prismatiques soudées par leurs côtés en un groupe hémisphérique plus ou moins régulier. Ces intéressants organites pourraient encore être comparés à de petites têtes de choux-fleurs très épanouies. Insolubles dans l'acide chlorhydrique et l'acide acétique, très attaquables par la potasse, ils proviennent très probablement de la cuticularisation de poils analogues aux poils gemmaires glanduleux qui ont été signalés chez certains *Ribes*.

Un type de poils assez répandu chez les Ampélidées est celui que j'ai observé sur la tige de l'*A. Roylei* ou *pubescens*, espèce acclimatée dans nos jardins et qui tire justement du remarquable développement de son appareil pileux la désignation spécifique sous laquelle elle est le plus généralement connue. On trouve des poils analogues sur la tige du *Leea robusta* (Ind. Or.) et sur les très jeunes entre-nœuds de l'*A. quinquefolia*. Ils ne sont pas étranglés aux articulations, comme ceux du *C. hypoleuca*, mais formés d'un petit nombre de cellules médiocrement allongées, et s'atténuent insensiblement en cône. Leurs parois s'épaississent aussi davantage et sont en outre relevées de petites saillies linéaires disposées en dents de lime, ce qui leur donne un aspect chagriné ou courtement strié, très caractéristique.

L'insertion de ces poils se fait de deux manières différentes. Tantôt la cellule basilaire, cylindrique dès l'origine, émerge du centre d'un groupe de cellules rayonnantes, tantôt, au contraire, on a affaire à une cellule épidermique polygonale, qui s'atténue brusquement en cylindre sans troubler, en aucune façon, le système de réticulation des cellules environnantes. C'est à ce dernier mode d'insertion que se rattachent les poils les plus courts et notamment ceux qui ne sont exceptionnellement formés que d'une seule cellule.

Dans le *C. striata* il y a aussi deux espèces de poils, toutes deux à parois striées en dents de lime; les uns sont pluricellulaires, mais sans étranglement aux articulations; les autres ne comportent qu'une seule cellule. L'insertion des premiers peut se faire de deux manières, soit directement sur l'épiderme, soit au milieu d'un groupe de cellules rayonnantes, relevées en bourrelet à la base du poil. Le premier de ces modes d'insertion est le plus habituel pour les poils unicellulaires, et lorsque, par exception, ces poils ont une bordure de cellules, celles-ci sont peu saillantes. Le plus souvent les poils de ce type restent courts et trapus avec base polygonale très brièvement réduite en cylindre; ils s'abrègent quelquefois de telle façon qu'ils arrivent à se confondre par des nuances insensibles avec les papilles striées qui recouvrent, dans cette même espèce, les simples cellules épidermiques; aussi nous croyons-nous autorisés à attribuer à ces papilles elles-mêmes la valeur morphologique d'un trichome. Je vais même plus loin, et je crois entrevoir, si cette observation est fondée, qu'il doit en être de même des papilles épidermiques qui donnent aux feuilles du *C. discolor*, surtout à la partie supérieure, cet aspect velouté qui les fait rechercher des horticulteurs pour la décoration de leurs serres.

On trouve également des poils striés en dents de lime sur les jeunes tiges et les nervures foliaires du *C. elegans;* ils ne diffèrent des précédents qu'en ce qu'ils se recourbent en crochet, la pointe dirigée en haut (1).

Les poils de l'*A. quinquefolia* rappellent, au contraire, très exactement ceux de l'*A. pubescens;* ils sont très rares sur les tiges; on ne les trouve en nombre appréciable que sur certains organes appendiculaires tels que les écailles gemmaires et les stipules (2).

Les poils caulinaires des *C. inæquilatera*, *C. antarctica* et *A. hederæfolia* diffèrent beaucoup de ceux dont nous nous sommes occupés jusqu'ici. Ils rentrent pour la plupart dans la catégorie des poils dits *malpighiacés* ou *en navette*. La cellule unique dont ils se composent, souvent flexueuse ou ondulée, avec des parois épaissies et les extrémités aiguës, s'insère par sa partie moyenne, tantôt directement, tantôt par l'intermédiaire d'un pédoncule plus ou moins allongé, au centre d'un groupe de cinq ou six cellules rayonnantes, intimement unies entre elles, et qui se projettent souvent en saillie au-dessus de l'épiderme, de manière à former au poil une sorte de piédestal (3).

---

(1) Pl. 11, fig. 2.

(2) Pl. 11, fig. 1.

(3) Pl. 11, fig. 3, 4, 5, 6.

La chute du poil laisse sur la tige une cicatrice étoilée dont les fissures très obscures sous le microscope, rayonnent autour de la columelle centrale et sont bordées par les parois très réfringentes et fortement cuticularisées, des cellules basilaires (1).

Les poils ainsi constitués ressemblent tantôt à une navette, tantôt à une enclume selon que leurs branches et leur pédoncule sont plus ou moins allongés (2). Les branches peuvent même, au lieu de rester couchées sur l'épiderme, se redresser en se rapprochant l'une de l'autre, de manière à former entre elles un angle plus ou moins ouvert (3).

Indépendamment de ces poils en navette, on en trouve d'autres, dans les mêmes espèces, qui se dressent perpendiculairement sur l'épiderme dans lequel ils sont directement implantés. Leurs parois, lisses et très épaisses, sont également ondulées, ce qui leur donne une ressemblance frappante avec les anciens sabres-bayonnettes de nos chasseurs à pied (4). La cicatrice que leur chute laisse sur l'épiderme n'est pas étoilée comme celle des poils à cellules basilaires, mais bien circulaire avec des rebords épaissis.

L'appareil pileux affecte un caractère tout différent chez les *C. adnata*, *Pterisanthes cissoides*, et un certain nombre de *Vitis*, parmi lesquels nous citerons : *V. tomentosa*, *V. lanata*, *V. coriacea*, *V. rupestris*. Il se compose d'un plexus inextricable de poils laineux ou aranéens, dont les poils gemmaires de la vigne commune peuvent donner une assez bonne idée. Ce sont des filaments très allongés quoique formés d'une seule cellule, à bords linéaires, et qui prennent par la dessication l'aspect de longs rubans ondulés. On les trouve mêlés, sur la tige du *C. thyrsiflora*, avec d'autres poils extrêmement courts, à parois épaisses et à pointe acérée. Il est impossible d'imaginer un plus frappant contraste entre deux formes extrêmes.

---

(1) Pl. 11, fig. 10.
(2) Pl. 11, fig. 3, 4, 5, 6, 8.
(3) Pl. 11, fig. 7.
(4) Pl. 11, fig. 9.

La tige du *C. aculeata* n'est pas munie de poils, mais bien, comme son nom l'indique, de petits aiguillons assez semblables à ceux des *Rubus* et des *Rosa*, mais beaucoup plus mous. Ils sont formés par une expansion parenchymateuse à bords légèrement subérifiés, avec quelques grandes cellules scléreuses répandues dans la masse.

Chez le *C. adenocaulis* les expansions parenchymateuses prennent une autre forme. Elles ressemblent à de longs et gros poils insensiblement atténués jusqu'à leur extrémité où se développe une papille discoïde très volumineuse. Il faudrait étudier sur le vif ces curieux appendices, pour se faire une idée exacte de leur structure, et, s'il était possible, de la fonction à laquelle ils peuvent être affectés.

3° *Suber ou périderme* — Sans revenir autrement sur la formation subéreuse intra-libérienne, qui caractérise, comme on l'a vu plus haut, l'écorce des vrais *Vitis*, il suffira de remarquer que les cellules qui la composent, promptement mortifiées, conservent toujours des parois extrêmement minces.

Les formations subéreuses sous-épidermiques des autres espèces ne sont pas de nature à fixer longtemps notre attention. Je crois cependant devoir signaler la curieuse écorce de l'*A. tricuspidata*, presque entièrement formée par une production péridermique très irrégulière et profondément crevassée. On peut faire de belles coupes de tissu subéreux dans la plupart des espèces que j'ai étudiées à l'état frais et j'en ai obtenu de non moins bien réussies dans le suber épais des *C. lanceolaria*, *C. polythyrsa*, *C. vitifolia*, *C. hymalayana*. Les couches subéreuses sont aussi plus ou moins développées dans les *V. erythrodes*, *V. bipinnata*, *V. persica*, *V. brevipedunculata*, *etc.*, *etc.*

L'assise sous-épidermique présente absolument les mêmes caractères dans les jeunes tiges du *C. antarctica* et de l'*A. hederæfolia.*, que dans les autres espèces où j'ai pu l'étudier dans cet état. Elle constitue donc un véritable phellogène, mais ce phellogène reste stérile, ou du moins, s'il vient à évoluer par la suite, ce que je n'ai pas été à même de vérifier, ce ne peut être qu'à un âge assez avancé de la plante. Il semble du reste que ce défaut de développement d'une couche essentiellement protectrice soit en quelque sorte compensé chez ces mêmes espèces, par l'épaisseur exceptionnelle qu'y acquiert la cuticule. On pourrait citer d'autres exemples de cet intéressant phénomène de balancement organique. Il n'est pas rare chez certaines plantes à feuilles persistantes ou coriaces, telles que le Gui, le Houx, l'Oranger, etc., etc., dont l'écorce ne comporte pas de véritable suber.

L'assise phellogène reste également stérile ou à peu près, dans les *C. glauca*, *C. quadrangularis*, *C. aculeata*, *V. cordata*, *V. glandulosa*, *V. pallida* et dans quelques autres espèces dont la cuticule est également assez épaisse. Cette règle cependant souffre des exceptions. Ainsi j'ai constaté la coexistence d'une cuticule épaisse et d'une couche subéreuse, à la vérité assez mince, dans les jeunes tiges des *C. lanceolaria*, *C. polythyrsa*, *C. capensis* et *C. thyrsiflora*. Cette couche m'a encore paru faire défaut chez les *Leea*, ce qui serait une ressemblance de plus avec les *Vites veræ*.

4° *Collenchyme.* — La zone de Collenchyme, constante dans un grand nombre d'espèces, est ordinairement interrompue de distance en distance par de petites plaques parenchymateuses qui viennent s'épanouir au contact du suber ou de l'épiderme. On peut prendre de bons exemples de cette disposition dans la plupart des vrais *Vitis* et des *Leea*, dans les *A. quinquefolia*, *A. pubescens*, les *Cissus Schimperi*, *C. inæquilatera*, *C. aconitifolia*, *C. serjaniæfolia*, *C. angulata*, *C. aculeata*, etc. etc.

Quoique réparties irrégulièrement et sans ordre apparent sur le pourtour de la tige, il ne serait pas impossible que les plaques dont il vient d'être question, fussent en relations normales avec certaines parties de l'assise épidermique, évidemment destinées à remplir un rôle important pendant toute la période de développement de la jeune tige. Ainsi dans l'*A. quinquefolia*, elles correspondent aux groupes de stomates sous lesquels doivent se constituer les lenticelles (1). Dans certains *Vitis*, les épaississements collenchymateux s'interrompent également dans le voisinage des stomates, pour y faire place à un tissu beaucoup moins cohérent, évidemment destiné à mettre la chambre stomatique en communication plus intime avec l'intérieur de la tige. Je ne crois pas cependant qu'il y ait lieu de généraliser absolument cette observation. Elle se concilie mal avec la présence, dans certaines espèces, d'une couche continue de collenchyme (*C. rufescens*, *C. hymalayana*, *C. vitiginea*, *C. compressa*).

Ailleurs, au contraire, les bandes de collenchyme se localisent sur certains points déterminés de l'écorce. Ainsi, dans la tige quadrangulaire de *C. populnea*, elles proéminent fortement dans les quatre ailes arrondies qui en occupent les angles. Cette disposition s'accuse davantage encore dans le *C. quadrangularis* où le collenchyme forme, sous les ailes, des bandes assez épaisses, et manque complètement dans les intervalles.

Il y a enfin un dernier type auquel se rapportent notamment : *Vitis labrusca*, *V. sylvestris*, *Cissus discolor*, *C. hypoleuca*, *C. tuberculata*, *C. serpens*, *C. palmata*, *C. striata* et *C. orientalis*. Dans toutes ces espèces le collenchyme se condense en groupes fasciculaires situés dans le prolongement radial des faisceaux fibro-vasculaires, et séparés les uns des autres par autant de bandes parallèles de tissu purement parenchymateux. Il est presque inutile d'ajouter que ces cordons ou groupes fasciculaires correspondent aux côtes plus ou moins saillantes qui accusent sur les jeunes tiges de la plupart de ces mêmes espèces, le trajet des faisceaux, et qu'ils sont d'autant plus volumineux qu'ils se rapprochent davantage de la naissance de ces derniers ; c'est donc là surtout qu'il convient de faire des coupes si l'on veut étudier la structure collenchymatoïde des éléments qui les composent.

En les suivant dans leur marche descendante, on les voit au contraire s'atténuer peu à peu jusqu'à complète extinction; mais il est à remarquer qu'ils s'éteignent toujours avant les faisceaux auxquels ils correspondent. Aussi le nombre des cordons collenchymateux est-il constamment, dans une même coupe, inférieur à celui des faisceaux. Il est rare qu'ils se prolongent jusqu'au troisième entre-nœud, et leur trajet peut même être encore plus raccourci; c'est notamment ce que j'ai observé dans le *C. discolor* où leur nombre ne dépasse guère celui des six côtes primaires de l'entre-nœud considéré.

---

(1) *Bul. de la Soc. bot.* tome XXIV, pp. 18 et 48.

Le type des formations collenchymateuses en groupes fasciculés ne s'accuse pas toujours avec autant de netteté qu'on pourrait l'induire de la description précédente. Les dégradations dont il est susceptible sont de deux sortes : 1° atténuation ou affaiblissement de tout le système, ce qui rend quelquefois difficile d'en reconnaître distinctement les limites; 2° formation exceptionnelle de bandes collenchymateuses intermédiaires.

D'autre part il est certain que, même dans les espèces dont le collenchyme est réparti plus ou moins régulièrement sur tout le pourtour de la tige, les épaississements caractéristiques de ce tissu sont ordinairement plus accusés en face des faisceaux que partout ailleurs. Voyez surtout à cet égard les *C. inæquilatera*, *C. serjaniæfolia*, et *A. dissecta*. Il peut aussi se faire qu'une même bande ayant son centre d'épaississement en face d'un gros faisceau primaire, se répande de chaque côté, de manière à recouvrir quelques-uns des faisceaux les plus voisins.

Il est rare que les bandes ou les faisceaux de collenchyme soient en contact immédiat avec le suber. Ils en sont presque toujours séparés par une couche étroite de parenchyme simple dont les éléments sont ordinairement assez épaissis et de médiocre calibre, tandis qu'ils forment au contraire un plexus à mailles larges et délicates dans les *Leea parallela* et *L. robusta* (Java), et aussi, quoique à un moindre degré, dans les *L. hirsuta* et *Vitis pallida*.

Le plus grand développement des cellules du collenchyme se fait toujours dans le sens de la longueur. J'ai de plus remarqué qu'elles se superposent ordinairement en séries fusiformes. Il y a même quelques espèces où le collenchyme paraît formé d'éléments fibreux très allongés, dont les extrémités amincies semblent s'insérer les unes entre les autres, comme celles des fibres libériennes. On conçoit aisément qu'un tissu ainsi constitué en couches profondes, avec des épaississements collenchymatoïdes très accusés, doive être extrêmement résistant. C'est ce qu'on observe chez quelques *Cissus* à tige charnue, tels que les *C. Mappia*, *C. pedata*, *C. japonica*, *C. serpens*, *C. populnea* et *C. mollis*. Dans le *C. mollis* surtout la couche de collenchyme acquiert une épaisseur considérable. Ne semble-t-il pas que l'armature extérieure du végétal montre ainsi une certaine tendance à se consolider d'autant plus qu'elle est destinée à soutenir mécaniquement des tissus internes plus délicats et plus mous, et qu'elle doit aussi les protéger, chez des plantes appartenant toutes aux régions chaudes du globe, contre l'action trop vive de la chaleur et de la lumière?

Dans les trois espèces où j'en ai étudié la formation, — *A. quinquefolia*, *A. dissecta*, et *V. vinifera*, — l'apparition des épaississements collenchymateux précède toujours de beaucoup la période de lignification des fibres ligneuses ou libériennes. Les parois cellulaires commencent à s'épaissir aux points de jonction des cellules, après quoi on voit presque toujours se former aux mêmes endroits de petits méats intercellulaires tantôt punctiformes, tantôt triangulaires, qui s'agrandissent peu à peu par suite de l'écartement des cellules voisines. Cet écartement peut même se produire de telle sorte que deux méats voisins finissent par se fusionner entre eux, auquel cas la coupe horizontale des lacunes intercellulaires affecte la figure d'un rectangle à bords légèrement concaves.

Les canaux méatiques ainsi constitués se remplissent peu à peu de la matière opaline dont la présence est caractéristique des épaississements collenchymatoïdes. Quand cet épaississement se produit en outre sur le bord interne de la paroi cellulaire, on a affaire au collenchyme convexe dont quelques espèces du type mou, et notamment le *C. mollis*, nous offrent de remarquables exemples.

Il résulte de ce mode d'épaississement que la partie centrale du canal conserve assez longtemps une densité beaucoup plus faible qui s'accuse naturellement par une moindre réfringence. J'ai cru aussi remarquer qu'elle se montre moins sensible aux réactifs de la cellulose. On y trouve même quelquefois, sous forme de très fines perforations, la trace bien évidente, soit du canal primitif incomplètement obstrué, soit même des deux méats fusionnés depuis.

La forme et l'aspect du tissu collenchymateux peuvent d'ailleurs se modifier avec l'âge de la plante. C'est ainsi qu'on voit dans certaines espèces des épaississements volumineux et bien localisés dans le principe s'atténuer peu à peu, ou bien au contraire se répandre tangentiellement sous le suber, de manière à se confondre en quelque sorte avec les cellules un peu épaissies du parenchyme cortical. Ils peuvent même disparaître à peu près complètement, comme je l'ai observé dans des tiges du *C. discolor*, ce qui montre bien la grande élasticité de ce tissu et nous donne peut-être la raison de son rôle mécanique dans l'économie de la plante.

5° *Parenchyme cortical.* — Le parenchyme cortical forme, autour du cylindre libéro-ligneux, un manchon d'épaisseur variable selon les espèces, et dont la disposition est naturellement subordonnée à celle de la couche collenchymateuse qui lui est superposée. Il peut se répandre par endroits, dans une même tige, jusqu'au contact du suber, tandis qu'ailleurs il est réduit à une couche très mince, quelquefois même à une seule assise de cellules, comme dans les espèces où les cordons collenchymateux sont très développés.

Cependant, en général, la répartition du parenchyme sur le pourtour de la tige est beaucoup moins irrégulière, et il peut quelquefois se développer d'une façon vraiment exceptionnelle, comme on le voit par exemple dans le *V. cordata.*

L'étude des éléments tissulaires de cette région n'offre rien de particulièrement intéressant. Elles sont souvent marquées de plaques d'amincissement assez vagues, et criblées d'ordinaire de très fines ponctuations. Ces plaques sont surtout visibles dans les assises les plus externes qui viennent affleurer au contact du suber, entre les plaques ou bandes de collenchyme. On les remarque d'autant plus aisément que les parois de ces cellules se sont épaissies davantage et sclérifiées, ce qui arrive de bonne heure chez les *C. orientalis* et *C. bipinnata*, par exemple.

Dans toutes les espèces que j'ai observées, le massif fondamental du tissu parenchymateux cortical est parsemé de cellules à raphides très variables de dimensions, mais toujours de plus fort calibre que les cellules environnantes. J'aurai plus tard occasion de revenir sur la structure de ces éléments.

Signalons, en terminant, la présence assez fréquente, aussi bien dans le parenchyme cortical que dans le collenchyme du *C. antarctica*, de cellules munies de grandes perforations, tantôt arrondies ou elliptiques, tantôt fendues en amande ou en boutonnière, assez souvent entourées d'un rebord épaissi, et toutes douées d'une telle contractilité qu'il est très facile d'étudier sur elles les propriétés hygroscopiques de la membrane cellulaire. En les soumettant en effet tour à tour à l'action de l'eau et de l'alcool, on les voit successivement se distendre ou se contracter avec une égale énergie (1).

CHAPITRE DEUXIÈME

MOELLE

Les cellules médullaires des vrais *Vitis* forment un tissu à mailles sensiblement régulières et assez consistant, surtout sur les bords où leurs parois s'épaississent de bonne heure. Celles-ci sont marquées de nombreuses ponctuations généralement un peu vagues, sauf dans certaines espèces américaines, *V. labrusca*, *V. riparia*, *V. monticola*, etc., etc., où elles s'accusent au contraire avec une certaine netteté, ce qui correspond à un épaississement plus sensible des parois (1).

---

(1) Pl. 14, fig. 2.

La tige des *Leea*, groupe à beaucoup de points de vue assez voisin du précédent, contient une moelle très volumineuse, mais d'une structure plus lâche et moins régulière que celle des vrais *Vitis*, quoiqu'en somme le *faciès* en soit à peu près le même. Deux espèces seules font exception : *L. parallela* et *L. robusta* (Ind. Or.)

L'épaississement des parois est encore assez appréciable dans le tissu médullaire de l'*A. hederæfolia*, des *C. striata*, *C. antarctica*, *C. inæquilatera*, *C. bipinnata* et *C. orientalis*. Cependant la régularité et la cohésion des éléments tendent déjà à diminuer. Les ponctuations, plus fines que dans les vrais *Vitis*, se montrent aussi généralement plus nettes, ce qui leur est un trait commun avec celles des *Leea*.

J'en ai observé de fort belles dans les *C. striata*, *C. antarctica* et *A. hederæfolia* où elles se montrent, en coupe horizontale, assez régulièrement disposées aux angles de certaines cellules.

Le tissu médullaire se dégrade davantage encore, par suite d'un plus grand amincissement des parois, dans un second groupe de *Cissus* auquel appartiennent notamment : *C. elegans*, *C. aconitifolia*, *C. heterophylla* et *C. serjaniæfolia*, et nous nous trouvons ainsi amenés par des transitions insensibles jusqu'à une dernière série très complexe et de beaucoup la plus nombreuse en espèces, où la trame de ce tissu atteint une délicatesse extrême, ce qui en provoque aisément la dislocation plus ou moins complète, avec prédominance de la forme circulaire dans le plan de section horizontale des cellules.

Les éléments du tissu médullaire chez les Ampélidées sont très généralement isodiamétriques. Cet équilibre de proportions n'est sérieusement rompu, par suite d'un plus grand développement en longueur, que chez quelques rares espèces telles que les *C. striata* et *C. hypoleuca*. Dans cette dernière plante la moelle est entièrement composée de grandes et belles cellules, superposées en files régulières, et souvent deux ou trois fois plus longues que larges. Les parois longitudinales sont seules marquées de ponctuations assez grandes mais peu nettes.

---

(1) On sait qu'on a attribué à la consistance remarquable de leurs tissus radiculaires la résistance des espèces américaines aux attaques du phylloxera. Mes observations sur la tige vont dans le même sens.

Dans le *C. tuberculata* les cellules allongées sont disposées en files longitudinales irrégulièrement réparties dans le canal médullaire. Enfin la moelle est constamment parsemée, dans l'immense majorité des espèces, de grandes et belles cellules souvent très allongées, tenant d'abord en suspension des faisceaux de raphides qui finissent toujours par se résorber. La présence d'un grand nombre de grains d'amidon dans les cellules voisines, tandis qu'elles-mêmes n'en contiennent jamais, en rend l'observation très facile dans le *C. discolor* et l'*A. rotundifolia*, pendant la période d'accumulation des matériaux de réserve.

Les parois de ces cellules restent toujours très minces, tandis qu'elles s'épaississent beaucoup, dans les cellules à raphides, de plus petites dimensions, abondamment répandues dans la moelle des *C. papillosa*, *C. compressa*, *C. polythyrsa*, *C. pergamacea* et *V. glandulosa*. Dans le *V. indica* ces mêmes cellules se localisent à la périphérie de la moelle et l'on en trouve enfin d'absolument semblables dans l'écorce et dans les rayons médullaires du *C. discolor* où je me réserve de les étudier par la suite avec plus de détails. Il est à remarquer qu'on ne les rencontre jamais que dans des tissus très mous où elles forment un contraste frappant avec la structure délicate des cellules environnantes. On doit aussi se garder de les confondre avec les cellules scléreuses que j'ai observées dans la moelle de *C. striata* et qui y forment une sorte de plexus fasciculaire central ou à peu près central d'un aspect tout particulier. Les cellules ainsi groupées, dans cette espèce, au centre de la moelle, ne contiennent pas de raphides, tandis qu'on en trouve dans certains éléments allongés et également sclérifiés, répartis en très petit nombre dans les couches plus extérieures du tissu médullaire.

Les ponctuations des cellules médullaires, nulles ou indistinctes dans les espèces du type mou, se rapportent toutes à deux types principaux. Les unes, punctiformes comme dans la majorité des *Cissus* à moelle consistante, ou fendues en boutonnière, comme chez les vrais *Vitis*, se montrent presque exclusivement sur les parois horizontales, les autres, beaucoup plus grandes, occupent au contraire les parois longitudinales, soit seules, soit associées aux précédentes.

A quelque type qu'elles appartiennent, il est du reste très remarquable que les ponctuations des parois latérales ont presque toutes une tendance à s'allonger en ellipse ou en fuseau perpendiculairement à l'axe du végétal, d'où il semble résulter que la plus grande force de tension s'exerçait dans le même sens pendant la période d'accroissement des entrenœuds.

D'autre part, étant admis que les ponctuations jouent un rôle important dans le travail de transport et de diffusion des liquides séveux, si l'on reconnaît, comme je l'ai constamment observé, que celles des parois latérales sont en général plus grandes que les autres, ne sera-t-il pas permis d'induire de ce fait, que, pour les cellules médullaires, ou tout au moins pour beaucoup d'entre elles, c'est à travers ces mêmes parois que la diffusion est le plus active?

Il ne me reste plus, pour terminer cette étude du tissu médullaire, qu'à signaler certaines différences d'ordre physiologique qui permettent d'établir, à ce point de vue, quelques coupes assez importantes dans la série des Ampélidées.

Dans la Vigne ordinaire, l'activité végétative de la partie centrale de la moelle s'éteint, comme on sait, d'assez bonne heure. Dès la fin de la première année les cellules de la masse centrale ont bruni leurs parois et présentent l'aspect d'un tissu mortifié; elles ne serviront plus désormais qu'au transport mécanique des liquides et au maintien de l'équilibre statique des différentes parties de la tige. Leur rôle physiologique est terminé. Il n'en est pas de même des cellules de la périphérie dont les parois s'épaississent sensiblement et qui se chargent tous les ans d'un grand nombre de grains d'amidon.

La moelle de la Vigne rentre donc dans la catégorie des moelles dites *hétérogènes* d'après la classification d'A. Gris, et c'est là un trait caractéristique qui s'applique à la presque totalité des *Vites veræ*. Je n'ai constaté la présence de cellules centrales amyligères que dans deux espèces appartenant à ce groupe : *V. æstivalis* et *V. coriacea*.

D'autre part il existe une moelle annulaire active dans les *C. aconitifolia*, *C. heterophylla*, *C. bipinnata*, et *A. dissecta*. Dans toutes les autres espèces de la famille la moelle est *homogène*, soit que ses cellules restent actives, soit qu'elles perdent plus ou moins tôt leurs propriétés physiologiques.

Voici la liste des espèces où j'ai constaté la présence de l'amidon en plus ou moins grande abondance dans toute l'étendue du cylindre central : *Pterisanthes cissoides*, *Ampelopsis pubescens*, *A. rotundifolia*, *A. quinquefolia*, *A. hederæfolia*, *A. tricuspidata*, *Leea parallela*, *Vitis pallida*, *V. cordata*, *V. persica*, *V. brevipedunculata*, *Cissus orientalis*, *C. elegans*, *C. serjaniæfolia*, *C. hypoleuca*, *C. tuberculata*, *C. discolor*, *C. capensis*, *C. palmata*, *C. nodosa*, *C. vitifolia*, *C. pedata*, *C. serpens*, *C. populnea*, *C. angulata*, *C. vitiginea*, *C. Mappia*, *C. adnata*, *C. rufescens*.

Il est à remarquer que, dans la plupart de ces espèces, les cellules médullaires, quoique amyligères, conservent toujours leurs parois très minces, contrairement à ce que l'on sait généralement touchant la structure des moelles homogènes actives. Six espèces seules font exception à cette règle : *A. hederæfolia*, *C. hypoleuca*, *C. tuberculata*, *C. capensis*, *C. orientalis* et *Leea parallela*, et encore l'épaississement des parois n'y est-il pas très marqué. Quant aux autres espèces, c'est à peine si cet épaississement se produit quelquefois très faiblement à la périphérie. Le plus souvent la transition est très brusque à ce point de vue entre les cellules médullaires et les éléments épaissis du cylindre libéro-ligneux.

Les cellules médullaires à parois légèrement épaissies, des

C. striata, *C. inæquilatera* et *C. antarctica*, ne produisent pas d'amidon, mais elles ne restent pas pour cela inactives, comme nous chercherons à le montrer dans la dernière partie de ce mémoire. Il reste enfin trente-deux espèces dont j'ai toujours trouvé la moelle vide ou tout au moins sans trace d'amidon. Est-ce à dire qu'elle soit absolument inerte? Sur ce point je n'ose rien affirmer, n'ayant eu à ma disposition pour l'étude de ces espèces que des échantillons d'herbiers depuis longtemps desséchés.

CHAPITRE TROISIÈME

STRUCTURE ET ÉVOLUTION EN DIAMÈTRE DU CYLINDRE LIBERO-LIGNEUX

Le cylindre libéro-ligneux des Ampélidées se compose, comme dans la presque totalité des végétaux Dicotylédonés ligneux, de deux zones concentriques bien distinctes, l'une extérieure ou libérienne, l'autre intérieure ou ligneuse.

Pour trouver quelques traits caractéristiques de la famille qui nous occupe, il faut y regarder de plus près, et s'attacher aux détails.

Prenons d'abord la zone extérieure.

1° *Structure du liber.* — Les fibres libériennes primaires des vrais *Vitis* forment des groupes volumineux, à section semi-circulaire, qu'une production subéreuse intercalaire ne tarde pas à isoler, comme on l'a dit plus haut, des couches plus profondes du liber. Celles-ci s'exfolient lentement à leur tour et de la même façon que l'écorce primaire elle-même, ce qui tient au mode de groupement de leurs éléments constitutifs. On y voit en effet alterner avec assez de régularité, des bandes tangentielles formées tour à tour de liber mou et de fibres libériennes secondaires. Il n'est pas surprenant que celles-ci se détachent peu à peu en lanières longues et étroites par suite de la désorganisation des couches purement parenchymateuses qui les séparent (1).

Un parenchyme à larges éléments, dont la section horizontale, d'abord vaguement hexagonale, tourne ensuite volontiers au rectangle, s'interpose aux fibres libériennes dans le prolongement cortical des rayons médullaires.

Tout autre est la structure du liber dans les nombreuses espèces qui n'appartiennent pas au groupe des *Vites veræ.* Il est vrai que les fibres primaires y forment aussi très souvent des faisceaux compacts disposés comme ceux des vrais *Vitis*, mais elles peuvent aussi se répandre en groupes moins cohérents à la limite externe du liber mou, et de plus elles ne s'isolent jamais de ce dernier par une assise phellogène interne. Enfin, dans un très grand nombre d'espèces, l'élément fibreux disparaît complètement des couches profondes de l'écorce. Les seules où j'aie constaté avec certitude la présence de fibres libériennes secondaires sont les suivantes, où on les trouve, tantôt réparties en faisceaux de petit calibre répandus dans la masse du liber mou : *C. striata*, *C. serpens*, — tantôt disposées en bandes tangentielles comme dans les vrais *Vitis*, ou groupées en faisceaux : *C. adenocaulis*, *C. Mappia*, *C. pergamacea*, *A. tricuspidata* et *A. dissecta*, — tantôt enfin uniquement disposées en bandes, ce qui constitue en réalité un type de transition : *Ampelopsis pubescens*, *Vitis pallida*, *Cissus genicula*, *C. papillosa* et *C. tuberculata.*

La constitution de la région libérienne interfasciculaire présente dans tout le groupe une grande analogie avec celle des vrais *Vitis.* On remarquera cependant que, dans certaines espèces, cette région est limitée au dehors par une couche de cellules scléreuses, qui, parallèle à l'arc cambial interfasciculaire et interposée aux faisceaux fibro-libériens, forme avec ceux-ci un cercle continu au pourtour du cylindre libéroligneux (2). Cette disposition caractérise les formations libériennes dans les *C. capensis*, *C. ferruginea*, et *Ampelopsis hederæfolia;* mais c'est dans cette dernière espèce qu'elle se montre le plus apparente, parce que les fibres libériennes, au lieu de s'y grouper en faisceaux, comme d'ordinaire, sont elles-mêmes alignées en bandes étroites à la limite du liber mou, ce qui constitue un cercle à peu près régulier sur tout le pourtour de la tige.

---

(1) Pl. 11, fig. 11.

(2) Pl. 11, fig. 12 et 13.

Les cellules de cette zone ont même quelquefois une tendance à s'allonger qui les rapproche morphologiquement des éléments également allongés de l'étui médullaire, et elles contribuent ainsi avec eux, à délimiter tant au dehors qu'au dedans la couche du tissu interfasciculaire primordial.

Le cercle des éléments épaissis n'est pas continu dans les *C. polythyrsa* et *C. thyrsiflora*, comme dans les quatre espèces précédentes, mais on y trouve souvent, dans l'intervalle des faisceaux, des groupes de cellules scléreuses quelquefois reliées aux rayons médullaires par des traînées radiales de cellules également épaissies (1). Dans le *V. erythrodes* et le *C. compressa* on rencontre des formations analogues disposées tantôt en bandes, tantôt en groupes. Dans le *C. vitiginea*, j'ai souvent observé une cellule unique à parois épaisses, placée comme en vedette à l'entrée de la partie ligneuse des rayons médullaires, tandis que les faisceaux fibro-libériens sont reliés les uns aux autres par des bandes étroites de grandes cellules parenchymateuses à parois médiocrement épaissies.

2° *Structure du bois et évolution du cylindre libéro-ligneux.*— Quelques vaisseaux de gros calibre, entourés chacun d'une gaine parenchymateuse, et englobés avec elle dans un plexus généralement peu dense de cellules fibreuses, qu'interrompent de distance en distance les rangées de cellules muriformes des rayons médullaires, telle est, considérée dans son ensemble, la structure bien connue du bois secondaire chez un très grand nombre d'Ampélidées.

Ce type, absolument normal, est en outre caractérisé dans la tige adulte, par la lignification complète, quoique souvent inégale, des éléments constitutifs du bois, aussi bien dans le faisceau proprement dit que dans les rayons médullaires (1).

---

(1) Pl. 12, fig 1.

La persistance d'éléments non lignifiés, diversement répartis dans la tige, sert au contraire à distinguer un certain nombre d'espèces dont le type abstrait constitue, suivant moi, une anomalie intéressante dans la série tout entière des Dicotylédonés ligneux. Ce type, auquel je proposerais volontiers de donner le nom de type mou ou à faisceaux imparfaits, mérite d'être étudié avec quelques détails, ce qui n'a pas encore été fait à ma connaissance; mais, pour en bien comprendre la disposition, il me paraît indispensable de présenter auparavant de courtes observations sur l'évolution histogénique du cylindre libéro-ligneux chez les Ampélidées des deux types. A côté de faits bien constatés et désormais acquis à la science, cette étude me permettra d'en signaler quelques autres qui me paraissent de nature à modifier sur certains points les théories contradictoires et sans doute trop absolues, qui ont eu cours jusqu'ici sur les phénomènes d'évolution du cône végétatif.

D'après certains anatomistes allemands, dont le système a longtemps fait autorité, le faisceau fibro-vasculaire des Dicotylédones prend naissance dans une zone de cambium qui sépare la moelle de l'écorce et qui, se confondant au sommet de la tige, avec le tissu générateur primitif, était considéré par eux comme un véritable anneau d'accroissement (2).

Le système de M. Naegeli, déjà entrevu par Hanstein, est tout différent. Suivant cet habile observateur, les faisceaux naissent tous isolément dans le tissu générateur primitif sous forme de groupes cellulaires, séparés les uns des autres par des lames plus ou moins étroites de tissu fondamental, et auxquels il a donné le nom de *procambium*. Plus tard ces faisceaux, dans la plupart des cas, se trouvent réunis en un anneau complet par suite de l'apparition d'une couche de cambium permanent, visible d'abord dans les faisceaux, puis dans les rayons médullaires qui les séparent. Ce système a trouvé de nombreux adeptes, et il est généralement enseigné aujourd'hui (1).

---

(1) Pl. 11, fig. 11 et 12. — Pl. 12, fig. 2.

(2) Karsten, Schacht, Mohl, analysés par A. Guillaud : *Anatomie de la tige des Monocotylédones*, dans *Annales des sciences naturelles, Botanique*, 6e série, t. V, p 112 et suiv.

Un troisième système est celui de M. Sanio. C'est une sorte de système mixte fondé sur l'étude du cône végétatif de deux espèces bien éloignées l'une de l'autre : *Evonymus latifolius* et *Ephedra monostachya*. Dans cette dernière plante, M. Sanio a remarqué que l'anneau d'accroissement, issu directement du parenchyme primitif, se différenciait ensuite en faisceaux de *procambium* et en tissu intermédiaire, tandis que, dans l'*Evonymus latifolius*, la différenciation commence dans les points même où se trouveront les faisceaux, avant l'achèvement de l'anneau. Toutefois, M. Sanio estime que, même dans ce dernier cas, l'anneau d'accroissement devient plus tard homogène, et constitue de la sorte un point de départ nouveau pour les tissus qui en dérivent (2).

Mes observations touchant le développement de la tige chez les Ampélidées se rapprochent beaucoup de celles de M. Sanio sur l'*Ephedra monostachia*. Il y a pourtant quelques différences d'interprétation, et je me crois en mesure de préciser davantage. C'est ce qui m'engage à en consigner ici les résultats.

Si j'étudie à ce point de vue une suite de coupes pratiquées à l'extrémité d'une jeune tige d'*A. quinquefolia* ou de *V. vinifera*, — dans ces deux plantes les phénomènes sont à peu près les mêmes, — je constate que les groupes trachéens de deux entre-nœuds successifs, au nombre de dix le plus souvent, dessinent sur la surface de section un polygone assez régulier, et qu'en outre on les voit toujours apparaître sur le bord interne d'une zone de tissu à petits éléments, gorgé de substances plasmatiques, et présentant toute l'apparence d'un tissu générateur bien caractérisé. Inutile d'ajouter que c'est entre ces premiers groupes fasciculaires qu'on voit plus tard apparaître les faisceaux descendus des entre-nœuds supérieurs.

---

(1) A. Guillaud, *loc. cit.* — Sachs, *Traité de botanique*, trad. franç., p. 146 et 750. — Duchartre, *Éléments de botanique*, 2ᵉ édit., p. 187 et 188.

(2) A. Guillaud, *loc. cit.*.

Observée sur des coupes plus rapprochées du sommet, et avant toute apparition des groupes trachéens, cette zone se montre *continue* et *homogène*, et elle sépare dès lors le tissu générateur primitif en deux régions distinctes, très reconnaissables à la grandeur de leurs éléments et absolument privées de communications entre elles. Ces deux régions correspondent, comme on sait, dans la tige adulte, à l'écorce primaire d'une part, au parenchyme médullaire de l'autre, c'est-à-dire aux deux seules entités tissulaires auxquelles il serait possible d'appliquer, suivant moi, le nom de tissu fondamental.

Quant à la zone qui les sépare, je me garderai bien de la confondre, comme le faisaient Schacht et Mohl, avec l'*anneau permanent* d'accroissement dont l'apparition est beaucoup plus tardive. Elle me paraît bien plutôt constituer un *anneau d'accroissement temporaire* destiné à s'éteindre après avoir donné naissance d'abord aux éléments primaires des faisceaux, puis, par suite d'une nouvelle localisation du travail générateur, à l'anneau continu de cambium permanent. Ce serait en un mot un stade de plus dans l'évolution du cône végétatif.

Nous retrouverons plus tard, dans la tige adulte, des traces de cette zone génératrice à laquelle les observations qui précèdent m'autorisent à attribuer une valeur propre et indépendante dans la série des tissus caulinaires. Ainsi considérée, c'est à cette zone continue tout entière qu'il conviendrait, suivant moi, d'appliquer le nom de *procambium*, au lieu de le réserver, comme le fait l'école allemande, au seul tissu primordial des faisceaux. On pourrait cependant, en tenant compte de leur évolution ultérieure, distinguer deux sortes de *procambium*, un *procambium* fasciculaire, et un *procambium* inter-fasciculaire.

Voyons maintenant si rien, dans l'histoire du développement du cylindre libéro-ligneux, ne vient à l'encontre de cette façon d'interpréter les premières phases de son évolution.

Pour simplifier cette étude, je m'occuperai séparément de la formation des faisceaux et de celle des rayons médullaires.

Les premières traces de la formation des faisceaux s'accusent très nettement en coupe horizontale par l'abondance et l'irrégularité des cloisons cellulaires dans les régions où elle se produit. Les groupes fasciculaires initiaux ainsi constitués, forment d'abord une masse elliptique homogène dans laquelle s'organisent bientôt deux foyers séparés d'accroissement correspondant, l'un au groupe fasciculaire externe ou libérien, l'autre au groupe interne ou ligneux, et dont l'évolution à double jeu aboutit au bout d'un certain temps à la formation de l'arc fasciculaire de cambium permanent.

Au moment où commencent à paraître les premières cloisons tangentielles du cambium, le faisceau ligneux primaire comprend déjà, en dehors des premières trachées, plusieurs autres vaisseaux spiraux souvent réunis entre eux par une sorte de tissu conjonctif formé de cellules parenchymateuses allongées. De plus les trachées sont accompagnées à leur partie interne d'une assise semi-circulaire, ordinairement unique, de cellules dont l'évolution ultérieure m'a paru présenter quelques phénomènes intéressants et peu connus.

D'après ce qui vient d'être dit, on conçoit que ces cellules sont situées à la limite extrême de la moelle et du procambium. Elles restent assez longtemps inactives, après quoi on les voit se diviser par des cloisons très délicates, ordinairement placées en directions tangentielle et radiale par rapport au groupe trachéen. L'ordre d'apparition de ces cloisons n'est pas absolument régulier. Il m'a semblé cependant que le travail de division s'opère le plus souvent de telle sorte que les cellules les plus voisines des trachées sont aussi les plus jeunes.

Il se produit donc à ce moment, autour du groupe trachéen, un double travail d'accroissement, centrifuge à sa partie externe, centripète à sa partie interne et sur les côtés, et qui aboutit assez vite dans ce dernier sens à la formation d'une couche plus ou moins épaisse de cellules parenchymateuses allongées, abondamment ponctuées, souvent disposées en séries fusiformes, et dont les assises concentriques s'enfoncent en forme de coin dans la masse du tissu médullaire.

Ces assises prennent assez de développement dans certaines espèces, notamment dans les *Leea*; ailleurs le nombre en est souvent très variable, mais elles ne font jamais défaut, et leur ensemble constitue cette région tissulaire à laquelle certains botanistes ont donné le nom de *couronne* (1).

A peine l'activité génératrice s'est-elle éteinte dans cette région, que les cellules dont elle est composée commencent à épaissir leurs parois. Leur processus d'épaississement est d'ailleurs exactement coordonné au mode même de division qui vient d'être indiqué, c'est-à-dire qu'il se manifeste d'abord dans les assises les plus rapprochées de la moelle.

Il est facile de se rendre compte de cette disposition en étudiant la coupe de tiges encore jeunes. Je l'ai observée très nettement sur de nombreux échantillons de *V. vinifera*, *A. quinquefolia*, *A. pubescens*, *A. rotundifolia* et *C. elegans* (2). Elle persiste dans un grand nombre d'espèces où l'épaississement des cellules ne se produit que très imparfaitement au voisinage immédiat des trachées, et ce caractère est plus sensible encore dans les espèces du type mou, où les cellules de la région coronale ne se lignifient jamais.

La couronne, avons-nous dit, provient de la division répétée d'une assise unique de cellules située, il est vrai, à la limite extrême de la moelle, mais dont l'évolution se coordonne exactement à celle du groupe fasciculaire ligneux. Nous avons donc affaire ici à deux systèmes tissulaires bien distincts, quoique leurs relations d'origine puissent être dissimulées ou même interverties par suite d'empiétements réciproques.

Ainsi on voit quelquefois de grandes cellules médullaires, situées près des trachées et déjà bien différenciées, se diviser par une cloison tangentielle, en deux parties très inégales. La partie interne, par rapport à l'axe du végétal, de beaucoup la plus grande, continue de faire corps avec la moelle, tandis que l'autre, en se divisant plusieurs fois, participe à la formation des assises de la couronne. Dans ce cas, l'origine de ces dernières est évidemment complexe; elles appartiennent génériquement, *pro parte*, au tissu fondamental.

---

(1) A. Guillaud, *Anatomie de la tige des Monocotylédones*, p. 149.

(2) Pl. 12, fig. 3.

D'autre part, il peut arriver que les divisions internes des cellules de l'assise coronale primitive se rattachent franchement au tissu médullaire. C'est ce que j'ai souvent observé dans l'évolution du cône végétatif de la Vigne ordinaire, d'où il suit que, dans la moelle *hétérogène* de cette espèce, l'assise externe de la zone médullaire active, à cellules épaissies, au lieu de procéder uniquement du tissu fondamental, comme les indications morphologiques sembleraient l'indiquer, se rattache au contraire en partie, par son origine, à la région coronale.

Il resterait à déterminer le rang que cette région elle-même occupe dans la série des tissus caulinaires. Je me garderai sur ce point d'être trop affirmatif.

De deux choses l'une, ou bien elle provient normalement du développement de l'assise la plus inerne du *procambium* fasciculaire, ou bien on peut la considérer comme le produit d'une zone de cambium interne à développement limité, située à la limite extrême du procambium et de la moelle.

Je passe maintenant à l'étude histogénique des rayons médullaires (1). Dès que les premiers éléments des faisceaux ont commencé de se différencier, il se produit un temps d'arrêt dans le développement des bandes parenchymateuses qui les séparent les uns des autres. Ce n'est pas que les cellules qui composent ces bandes cessent de s'accroître ; bien au contraire, mais il ne s'y opère plus qu'un petit nombre de divisions jusqu'au moment où l'on y voit apparaître les premières cloisons du cambium.

La formation du cambium n'a rien que de très normal dans la tige de la Vigne vierge et de la Vigne ordinaire, et je la passerais entièrement sous silence, s'il n'était indispensable, en vue de ce qui va suivre, de rappeler sommairement : 1° que les arcs initiaux du cambium interfasciculaire passent exactement par le milieu de la zône primitivement continue du tissu générateur secondaire ; 2° que leur apparition suit de très près celle du cambium fasciculaire ; 3° enfin, qu'ils se mettent de suite en relation directe avec celui-ci, de manière à former *un cercle continu et de rayon égal* sur tout le pourtour de la tige.

---

(1) Je conserve leur nom aux rayons médullaires, parce qu'ils mettent en réalité la moelle en communication avec l'écorce primaire, quoique, dans mon système, ils ne soient pas issus directement, comme elle, du tissu générateur primitif.

J'avoue que la limite externe des tissus sortis directement du *procambium* interfasciculaire, est assez souvent très difficile à reconnaître dans la tige adulte. Elle ne s'accuse nettement que dans les espèces énumérées plus haut, dont les faisceaux fibro-libériens sont réunis les uns aux autres par des groupes ou des rangées de cellules scléreuses. Elle est bien plus sensible encore dans certains végétaux où l'on voit les fibres libériennes primaires former autour du bois un cercle continu ou à peu près continu (*Lonicera*, *Pavia*, etc.).

La limite interne du *procambium* interfasciculaire est bien plus facile à déterminer. A l'état adulte, les cellules qui y correspondent ressemblent beaucoup à celles de la région coronale quoique souvent moins allongées et de plus fort calibre. De plus, elles forment avec elles, sur le bord de l'étui médullaire, cette couche sinueuse, mais continue, de tissu homogène et résistant, qui sert en quelque sorte de charpente pour l'édification du corps ligneux tout entier.

Ces cellules se nuancent par des dégradations bien ménagées avec celles qui sont issues du cambium interfasciculaire, tandis qu'à l'intérieur elles passent très brusquement au parenchyme médullaire, ce qui permet presque constamment de reconnaître sans peine la ligne de séparation des deux systèmes.

Les cellules muriformes provenant du cambium interfasciculaire sont trop connues pour qu'il soit nécessaire d'en donner ici la description. Elles sont disposées, comme on sait, en séries radiales variant de deux à six assises, et même davantage dans certaines espèces du type mou. Dans les *C. striata*, *C. antarctica*, et *C. inæquilatera*, toutes espèces appartenant au contraire au type dur, les rayons médullaires sont bordés de chaque côté par une assise unique de cellules parenchymateuses allongées, qui, se reliant à celles de la région coronale, forment une gaine continue autour des faisceaux. Ces rayons, dans la plupart des espèces, s'étendent parallèlement sur toute la longueur des entre-nœuds. Il n'y a d'exception, à ma connaissance, que pour le *V. canescens* et le *C. aconitifolia*, dont les rayons sont interrompus de distance en distance, soit par des rangées obliques de cellules fibreuses ou sclérifiées, soit même par la décurrence de véritables fibres ligneuses ou vasculaires, reliant l'un à l'autre deux faisceaux contigus (1).

Résumant maintenant mes observations sur l'histogénèse de la tige chez l'*A. quinquefolia* et le *V. vinifera*, je constate que, dans ces deux espèces, le cylindre libéro-ligneux provient *tout entier* de l'évolution avec différenciations successives, d'une zone génératrice transitoire sortie elle-même tout d'une pièce du tissu générateur primitif. Ce qui achève de caractériser histologiquement cette zone, c'est la présence dans les tissus auxquels elle donne directement naissance, de certains éléments allongés, trachées, vaisseaux spiraux, fibres libériennes primaires, cellules de la couronne et cellules d'entrée des rayons médullaires, qu'on chercherait vainement ailleurs dans le cylindre libéro-ligneux.

J'aborde maintenant l'étude des *Cissus* et *Vitis* à tige molle, dont le *C. discolor* nous offre un excellent specimen.

En procédant par le système des coupes successives, on voit d'abord apparaître à l'extrémité de la tige six gros faisceaux dont le trajet s'accuse au dehors par des côtes assez saillantes, et entre lesquels ne tardent pas à s'en former d'autres en nombre variable. Plusieurs de ces derniers faisceaux n'ont plus de trachées ni de fibres libériennes. Ce sont des faisceaux qui s'éteignent. Ils sont tous reliés entre eux et avec les premiers faisceaux par l'anneau continu du tissu générateur secondaire dans lequel ils ont pris naissance.

---

(1) J'ai constaté chez les *Leea*, la présence fréquente de rayons médullaires secondaires qui se forment dans le faisceau de l'année au voisinage immédiat des trachées.

Les vaisseaux spiraux, toujours disposés en série radiale chez le *C. discolor*, forment un groupe volumineux qui pénètre profondément dans la moelle, et est accompagné au dehors par un grand vaisseau ponctué, ou par deux vaisseaux accolés issus directement comme lui du *procambium* fasciculaire. Les cellules de la couronne sont groupées comme celles des espèces à tige dure et elles se forment de la même façon. Mais il est à noter qu'elles sont généralement de plus petit calibre, et elles présentent en outre cette particularité remarquable *de n'épaissir jamais leurs parois* (1). Aussi, dans la tige adulte présentent-elles au plus haut degré l'aspect d'un tissu cambial dont le développement aurait été interrompu (2). Ce caractère est constant dans tous les *Cissus* et *Vitis* du type mou, et il m'a même servi de base principale pour l'établissement de ce groupe.

L'arc cambial fasciculaire ne produit jamais à l'intérieur, chez le *C. discolor*, que du liber mou, sans interposition de fibres libériennes secondaires. A l'intérieur, il donne d'abord naissance à une couche peu épaisse mais très compacte de cellules prosenchymateuses peu allongées, quoique munies de minces cloisons divisionnaires; leur lumière est arrondie et leurs parois, criblées de ponctuations, s'épaississent promptement. En dehors de cette couche, le bois secondaire est composé d'une masse fondamentale de parenchyme mou dans lequel sont plongés très irrégulièrement et souvent assez espacés les uns des autres, de véritables îlots de fibres ligneuses entourant le plus souvent un gros vaisseau central avec sa gaîne habituelle de parenchyme lignifié (3).

Les éléments du parenchyme mou sont des cellules à parois minces, plus ou moins allongées, mais en somme assez semblables à celles des rayons médullaires pour qu'il soit impossible, en coupe horizontale, de les distinguer les unes des autres (1).

---

(1) Pl. 12, fig. 4.

(2) Pl. 13, fig. 5.

(3) Pl. 1, fig. 13, 2, 5.

Cette interposition dans le faisceau de cellules médulliformes constitue assurément une anomalie intéressante. Elle paraît correspondre à un arrêt de développement des éléments prosenchymateux du cambium avec production consécutive des cloisons divisionnaires, et c'est là ce qui m'a engagé à désigner les espèces où elle se remarque, sous le nom d'espèces à faisceaux imparfaits.

L'étude des rayons médullaires du *C. discolor* va nous révéler encore quelques particularités curieuses.

Dans la tige adulte ces rayons généralement très larges sont limités à l'intérieur par des bandes de cellules épaissies, provenant de la lignification intégrale du *procambium* interfasciculaire, et qui se relient de part et d'autre à la couche prosenchymateuse formée, comme il vient d'être dit, par la première évolution du *cambium* fasciculaire.

Il s'est ainsi constitué, en dehors de la région des vaisseaux spiraux, une couche ligneuse absolument continue dont les éléments constitutifs, quoique d'origine différente, puisqu'ils proviennent en partie du *procambium* interfasciculaire, en partie du *cambium* des faisceaux, présentent cependant entre eux les plus grandes analogies. Les cellules internes des rayons médullaires sont en effet le plus souvent aussi allongées que les fibres de la zone compacte du faisceau, et elles se nuancent avec elles de la façon la plus remarquable. Leur lumière est également arrondie, elles sont souvent munies comme elles de minces cloisons horizontales, et se superposent par des plans de jonction plus ou moins obliques, ce qui donne à leur ensemble l'aspect d'un tissu pseudo-prosenchymateux (2). Dans tous les cas, cette région se différencie merveilleusement bien du tissu fondamental médullaire, avec lequel cependant la théorie de Naegeli nous forcerait de le confondre.

---

(1) Pl. 13, fig. 1 et 2.

(2) Pl. 13, fig. 3 et 4.

J'ai constaté l'existence de formations semblables ou analogues dans les espèces suivantes, appartenant pour la plupart au type mou : *Ampelopsis dissecta*, *A. rotundifolia; Cissus striata*, *C. Schimperi*, *C. adenoçaulis*, *C. compressa*, *C. palmata*, *C. lanceolaria*, *C. nodosa*, *C. pergamacea*, *C. çarnosa*, *C. rufescens*, *C. genicula*, *C. japonica*, et *C. serpens*.

Une différence importante entre les espèces des deux types résulte aussi du mode même d'évolution des rayons médullaires.

Nous avons dit que dans la Vigne vierge et la Vigne ordinaire, l'arc cambial du rayon médullaire se forme dans la partie médiane de la zone primitivement continue du tissu générateur secondaire. Au contraire, dans le *C. discolor* je l'ai toujours vu s'organiser sur le bord externe de cette zone laquelle se résout tout entière, comme on l'a vu plus haut, en une bande compacte de tissu lignifié. Aussi les premières divisions de ce cambium ne se produisent-elles qu'assez tardivement; elles ne commencent à s'organiser que lorsque l'arc cambial fasciculaire formé plus en dedans a atteint leur niveau, dans sa progression périphérique (1). Il suit de là que, dans cette espèce, les premières divisions du cambium ne forment pas un anneau continu, mais une suite d'arcs de cercle de rayons inégaux.

Cette couche de cambium interfasciculaire à évolution tardive se compose, le plus souvent, de larges cellules à section rectangulaire ou vaguement hexagonale, qui présentent assez l'apparence d'un tissu subéreux, et épaississent quelquefois un peu leurs parois. Il n'en est plus de même des couches subséquentes dont les éléments, moins réguliers d'ailleurs, ne se lignifient jamais.

Les rayons médullaires ainsi constitués sont ordinairement très larges, et avec des limites tellement peu accusées qu'ils se confondent bien souvent sur le côté avec le plexus parenchymateux des faisceaux (2).

---

(1) Pl. 13, fig. 3.

(2) Pl. 13, fig. 1.

En résumé le type mou, tel qu'il vient d'être décrit, semble correspondre, soit à un état de dégradation, soit plutôt à une phase d'évolution incomplète dans la série des Ampélidées. On pourrait même se demander s'il ne constitue pas en réalité un type de transition entre les Dycotylédones ligneuses et les Dicotylédones franchement herbacées. Je crois qu'il méritait, à ce double titre, d'être étudié avec quelques détails.

Le trait caractéristique des espèces qui lui appartiennent est, avons-nous dit, que les cellules de la couronne y conservent toujours des parois minces.

En dehors de cette région et du bois primaire, la structure du cylindre dans la tige adulte peut se présenter sous deux aspects différents :

1° Lignification intégrale quoique plus ou moins accusée des éléments fibreux, vasculaires et parenchymateux du faisceau et du rayon : *Vitis pallida*, *V. heterophylla; Cissus angulata*, *C. nodosa*, *C. papillosa*, *C. carnosa*, *C. japonica*, *C. compressa*, *C. glauca*, *C. lanceolaria*, *C. adnata*, *C. vitiginea*. Dans plusieurs de ces espèces, il se forme, comme chez le *C. discolor*, une couche continue de cellules allongées à la partie interne du cylindre.

2° Lignification plus ou moins incomplète du cylindre ligneux, avec ou sans formation d'une couche continue de cellules allongées : *Vitis cordata; Cissus Schimperi*, *C. adenocaulis*, *C. hypoleuca*, *C. tuberculata*, *C. pergamacea*, *C. rufescens*, *C. palmata*, *C. pedata*, *C. Mappia*, *C. serpens*.

C'est dans ces deux dernières espèces que cette disposition s'accuse avec le plus de netteté. Dans le *C. Mappia* notamment, le cylindre ligneux se compose d'une couche lignifiée continue en dehors de laquelle n'apparaissent plus que quelques groupes fibro-vasculaires lâchement répandus dans le parenchyme mou.

Circulaire dans l'immense majorité des espèces, avec côtes saillantes dans quelques-unes d'entre elles, la coupe de la tige s'allonge en ellipse dans les *C. Schimperi* et *C. serpens*. Dans le *C. populnea* elle prend la forme d'un carré à bords concaves, muni aux angles d'ailes arrondies.

Les ailes sont encore plus saillantes, mais bien moins régulières dans l'espèce asiatique à laquelle cette particularité a fait donner le nom de *C. quadrangularis*. Quatre bandes épaisses de collenchyme, interrompues en face des sinus caulinaires, les isolent du corps de la tige où nous constaterons surtout l'extrême dégradation du système ligneux. On n'y trouve, en effet, dans la plupart des faisceaux, en dehors des trachées, qu'un petit nombre de vaisseaux de médiocre calibre, accompagnés de quelques cellules fibreuses fortement lignifiées. Seuls les faisceaux des angles prennent un certain développement, ce qui les rapproche du type mou ordinaire. Les autres faisceaux sont plongés dans un parenchyme très délicat qui se continue jusque dans la moelle où il prend toute l'apparence d'un tissu aranéen. En somme, il semble que nous ayons affaire ici à une tige quasi herbacée quoiqu'elle soit vivace d'après la diagnose de Linné (1).

Le système fibro-ligneux atteint son maximum de dégradation dans le *C. mollis*. La tige de cette plante est protégée, sous une mince couche de suber, par une bande très large de collenchyme compact, interrompue de distance en distance par de grandes cellules à parois médiocrement épaissies. En dedans de cette bande, l'écorce primaire est constituée par un tissu parenchymateux extrêmement lâche qui communique par de larges rayons médullaires avec une moelle volumineuse de même nature. Le faisceau se compose d'une large bande de liber mou accompagnée au dehors d'un groupe de fibres libériennes à parois sinueuses et, à l'intérieur, de quelques vaissaux spiraux et spiralo-réticulés de très fort calibre, disposés en série radiale dans une masse parenchymateuse de structure aranéenne (1).

---

(1) Caulis (omnium longissimus) scandens, 4gonus, incrassatus, carnosus.... perennis. *Caroli Linnæi systema, genera, species plantarum*, 1840, p. 128. — Cette espèce est en outre caractérisée par une souche tubéreuse, de même que quelques autres dont la tige est également de consistance herbacée ou quasi-herbacée, telles que les *C. serpens*, *C. quadrangularis*, et la fameuse vigne du Soudan dont on a fait dernièrement tant de bruit. J'ajoute cependant que ce caractère n'est pas spécial au type mou. On le retrouve dans le *C. aconitifolia* et le ***C. heterophylla***.

L'élément fibreux aurait donc complètement disparu du bois de cette curieuse espèce, si l'on ne rencontrait constamment à la limite interne du liber mou, et quelquefois aussi autour des vaisseaux, de petits groupes semi-circulaires ou circulaires d'éléments épaissis dont la coupe rappelle assez exactement celle des fibres libériennes, et qui prennent la même coloration sous l'action des réactifs.

Nous donnons, planche 12, fig. 1, une coupe de la tige du *C. thyrsiflora*, qu'on peut considérer en quelque sorte comme un intermédiaire entre les espèces des deux types, dur et mou.

CHAPITRE QUATRIÈME

CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DU CYLINDRE LIBÉRO-LIGNEUX.

1re section. — Éléments du liber.

1° *Liber mou.* — Cette région se compose, dans toutes les espèces où l'état des échantillons m'a permis de l'étudier sérieusement, d'un mélange en proportions variables de cellules parenchymateuses ou cambiformes sans caractère propre, et de tubes cribreux.

Les tubes cribreux de la Vigne ordinaire sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'en donner ici une nouvelle description. On en trouve aussi de très remarquables dans les *V. canescens*, *V. riparia* et plusieurs autres espèces de la section des *Euvitis*. Ceux des espèces à phellogène sous-épidermique, diffèrent généralement des précédents en ce que leurs plaques de perforations se montrent rarement sur les parois obliques ou longitudinales. La disposition de ces plaques est assez variable. J'ai remarqué, aussi bien pour les vrais *Vitis* que pour les autres espèces, qu'elles paraissent souvent munies d'une seule fissure diamétrale creusée dans un épaississement compact et très réfringent.

---

(1) Pl. 14, fig. 1.

Les éléments du liber mou sont généralement d'assez fort calibre dans les espèces à tige charnue. Ils épaississent un peu leurs parois dans le *C. rufescens*, et surtout dans le *V. riparia* où, par suite d'une sorte de balancement organique, les fibres libériennes secondaires, généralement abondantes chez les *Vites veræ*, ne se montrent, au contraire, qu'en nombre assez restreint.

Dans quelques espèces de la même section (*V. cebennensis*, *V. rupestris*, *V. virginiana* et *V. vulpina*), cet épaississement se localise dans la couche externe du liber mou de manière à former une seconde ligne de défense dont la tige semble se prémunir pour le temps qui suivra l'exfoliation de l'écorce primaire.

2° *Fibres libériennes.* — Les fibres cloisonnées et à parois peu épaisses de la Vigne ordinaire, nous donnent une excellente idée de celles qui constituent les faisceaux fibro-libériens primaires dans toutes les espèces appartenant au même groupe. Les fibres secondaires, comme toujours plus courtes, épaississent beaucoup plus leurs parois, ce qui leur donne un grand air de ressemblance avec les éléments fibreux du bois.

L'épaississement des fibres libériennes primaires est très variable suivant les espèces; aussi n'y a-t-il pas lieu de tenir grand compte de ce caractère. Elles sont, le plus souvent, munies de cloisons divisionnaires généralement très minces.

Dans les fibres à parois épaissies, tantôt les bords de la membrane sont exactement parallèles quoique marqués de nombreuses ponctuations, tantôt ils se creusent de crénelures plus ou moins accusées, ce qui provient de ce que les canalicules des ponctuations, au lieu de s'ouvrir brusquement sur le canal central, s'évasent à son approche. Cette dernière disposition est très apparente dans les *V. tomentosa*, *V. cordata*, *V. bipinnata; Pterisanthes cissoides; Ampelopsis tricuspidata*, *A. rotundifolia*, *A. hederæfolia*, *A. pubescens*, *A. quinquefolia*

Cissus glauca, *C. capensis*, *C. Mappia*, *C. pergamacea*, et *C. ferruginea*.

Les cloisons divisionnaires de ces mêmes fibres restent assez minces dans quelques espèces, tandis qu'elles se chargent d'épaississements festonnés très curieux chez les *C. ferruginea*, *C. capensis*, et les cinq *Ampelopsis* qui viennent d'être énumérés, notamment chez l'*A. quinquefolia*.

La section transversale des fibres de la Vigne vierge montre bien, sans qu'il soit besoin de recourir à aucun réactif, que leurs parois, généralement très épaisses, sont formées de deux couches concentriques, séparées l'une de l'autre par une strie obscure qui se colore en rose pâle quand on abaisse légèrement l'objectif. La couche interne est ordinairement la plus épaisse, et en y regardant avec un peu d'attention on reconnaît qu'elle se subdivise elle-même en un petit nombre de couches concentriques secondaires (1).

Pour reconnaître cette disposition en coupe longitudinale, il est nécessaire de recourir au procédé de macération de Schultz. Ce traitement éclaircit beaucoup les fibres et permet de constater que la partie interne de leur paroi est effectivement formée, dans toute son épaisseur, d'une membrane homogène, sans aucune trace de stratification et à bords exactement parallèles, même au niveau des canalicules dont elle est assez abondamment creusée.

En se bornant à l'observation des fibres macérées, on serait tenté de considérer la ligne sombre, qui limite intérieurement cette première membrane comme l'indice d'une couche intercalaire d'épaississement, mais le traitement subséquent par l'acide sulfurique concentré, dissipe bien vite cette illusion. On reconnaît alors : 1° qu'en réalité cette ligne sombre accuse simplement le bord interne de la membrane ; 2° que les cloisons horizontales, minces d'abord, puis irrégulièrement épaissies, qui divisent la fibre en un certain nombre de compartiments, sont formées le plus souvent par une expansion latérale ou repli interne de la même membrane.

(1) Pl. 14, fig. 3.

On sait depuis longtemps que l'apparition des cloisons divisionnaires dans les fibres ligneuses ou libériennes est assez tardive (1). Dans la Vigne vierge elles n'apparaissent jamais que dans des entre-nœuds assez éloignés du cône de végétation, et lorsque la membrane externe ou primaire des fibres a atteint son maximum d'épaississement ($0^{mm},0016$ à $0^{mm},0017$). Elles se montrent d'abord dans les fibres les plus larges, lesquelles sont ordinairement situées sur le bord externe des faisceaux, et s'arrêtent assez souvent à ce premier degré d'épaississement. Quant aux fibres d'un plus petit calibre, ce n'est guère qu'à la hauteur du douzième ou du treizième entre-nœud, c'est-à-dire sur un point déjà très développé de la tige qu'on commence à y distinguer quelques minces cloisons.

L'individualisation des compartiments dont la fibre se compose est alors tellement complète qu'ils cessent en quelque sorte de vivre de la vie commune de la cellule pour continuer leur évolution biologique séparément et chacun pour son propre compte. L'examen comparatif de quelques fibres prises au hasard, montre bien toute la portée de cette observation.

En général, il se forme dans tous les compartiments ou articles de la même fibre, à l'intérieur de la première ligne de séparation, de nouvelles couches d'épaississement, plus ou moins nombreuses, plus ou moins régulières, mais à peu près uniformes sur toute la longueur de la fibre, quoiqu'elles se forment isolément les unes des autres. J'y reviendrai tout à l'heure. Voilà la règle. Mais à côté de ces fibres on en trouve quelquefois d'autres où les épaississements sont loin de se produire avec la même régularité; le nombre et l'épaisseur des couches secondaires peut alors varier très sensiblement d'un compartiment à l'autre; elles peuvent même manquer complètement dans quelques-uns d'entre eux, de telle sorte que, de deux articles immédiatement superposés, l'un est muni de parois très épaisses et l'autre absolument réduit à la membrane primaire (1).

---

(1) Duchartre, *Éléments de botanique*, 2e édit., p. 21.

Il y a aussi, au pourtour des faisceaux, des fibres dans lesquelles il se forme par endroits une série de petits compartiments cristalligères à parois minces, tandis que les autres articles, beaucoup plus allongés, restent vides avec ou sans couches secondaires d'épaississement (2).

L'étude de la zone interne et de son mode de formation va pleinement confirmer ce qui vient d'être dit sur l'individualisation des divers articles d'une même fibre.

Les couches secondaires dont elle se compose n'apparaissent bien nettement qu'après macération. On peut en compter jusqu'à quatre ou cinq; mais elles sont souvent moins nombreuses. Les stries qui les séparent sont généralement parallèles entre elles, mais non avec la ligne séparative des deux zones. On les voit, en effet, constamment s'infléchir vers l'extérieur, à l'entrée des canalicules qui s'ouvrent en entonnoir sur le canal central (3); partout ailleurs elles suivent les rebords souvent sinueux de cette même cavité, laquelle, réduite quelquefois à un étroit passage vers le milieu des articles, s'élargit, au contraire, vers leurs extrémités, à l'approche des cloisons horizontales (4).

Ce qui différencie encore, en un certain sens, les deux zones principales d'accroissement, c'est le mode de formation et l'agencement assez compliqué des nombreux canalicules dont elles sont diversement sillonnées l'une et l'autre.

Un grand nombre de ces canalicules traversent la double paroi cellulaire dans toute son épaisseur. Pour se bien rendre compte de leur structure, il faut les observer d'abord sur des fibres encore jeunes, avant l'apparition des premières couches de la zone interne. On constate de la sorte qu'ils correspondent, au début, à de très fines ponctuations en fente ou en boutonnière, dont le point primitif d'amincissement vient déboucher en entonnoir très évasé sur le bord interne de la membrane primaire (1).

---

(1) Pl. 14, fig. 4 et 5.

(2) Pl. 14, fig. 6.

(3) Pl. 14, fig. 7 et 8.

(4) Pl 14, fig. 4.

Ainsi ébauché, le canalicule se prolonge dans la zone interne, mais en y subissant, dès son entrée, une modification caractéristique. En effet, les couches secondaires de cette zone, au lieu d'affleurer les bords du canalicule à sa sortie de la membrane primaire, se projettent en recouvrement sur son extrémité évasée, de manière, non pas à en obstruer l'ouverture, mais à la réduire à un étroit canal ou goulot cylindrique qui traverse toutes les couches secondaires avant de venir déboucher, en s'évasant à son tour, dans la cavité cellulaire (2).

J'emploie à dessein le mot de goulot, parce qu'en effet les canalicules ainsi organisés présentent, en coupe longitudinale, l'aspect de bouteilles ou de gourdes à long col, couchées sur leur flanc et souvent accolées deux par deux dans deux fibres voisines.

Par suite de cette disposition en recouvrement des couches secondaires d'épaississement, les ponctuations qui se montraient d'abord disposées en boutonnière, n'apparaissent plus en coupe optique, dès que la seconde zone s'est suffisamment épaissie, que comme de très courtes fentes ou même comme de simples points lumineux; elles ne laissent donc plus rien soupçonner de leur structure primitive, ce qui tient à ce que la lumière transmise ne peut plus pénétrer qu'à travers l'étroite ouverture du goulot. D'autre part, l'épaississement considérable des couches secondaires empêche que l'interposition d'une cavité souvent considérable dans l'intérieur des parois donne aux ponctuations l'apparence de celles dites aréolées. Toutefois, quelque dissimulée qu'elle soit en cet état, il suffit, pour faire réapparaître assez exactement la forme primitive des canalicules, de laisser macérer les fibres pendant quelque temps.

---

(1) Pl. 14, fig. 9.
(2) Pl. 14, fig. 7 et 8.

Certains canalicules s'écartent plus ou moins du type qui vient d'être décrit. Il y en a dont le canal est de calibre égal sur tout son parcours. Chez d'autres, la cavité se développe en ramifications latérales creusées plus ou moins profondément dans la substance des parois. Que l'une de ces ramifications pénètre jusqu'à la cavité centrale, nous aurons alors un canalicule bifurqué, cas qui se présente assez souvent et qu'il n'est pas toujours aisé de distinguer de celui où deux canalicules, d'abord distincts, se sont, au contraire, rencontrés et confondus sur un point quelconque de leur trajet. De même pour les canalicules trifurqués.

Il n'a été question jusqu'ici que des canalicules primaires, c'est-à-dire de ceux qui prennent naissance dans la zone externe. La seconde zone se creuse aussi bien souvent de cavités plus ou moins profondes, tantôt simples, tantôt ramifiées, mais qui diffèrent essentiellement des canalicules primaires en ce qu'elles sont limitées à l'extérieur soit par la première membrane, soit par l'une quelconque des couches secondaires d'accroissement.

Dans certaines fibres le nombre des canalicules tant primaires que secondaires est très considérable; ce sont eux qui dessinent sur la paroi interne ces élégants festons dont il a été question plus haut (1).

Ajoutons enfin que les canalicules primaires de deux fibres contiguës sont souvent en relations directes les uns avec les autres, auquel cas leurs plans de jonction forment ordinairement un angle très ouvert.

Le mode de canaliculisation, en quelque sorte vermiculaire, qui vient d'être décrit, se retrouve avec de curieuses modifications dans les cloisons horizontales.

Lorsque ces cloisons commencent à se former, la substance protoplasmique de la cellule est en partie résorbée; elle a fait place à un mucilage floconneux inégalement réparti dans le canal et tenant en suspension de fines granulations protéiques ou plus rarement amylacées, lesquelles ne tardent pas elles-mêmes à disparaître (1). Elles sont probablement employées à la formation des couches subséquentes d'épaississement.

---

(1) Pl. 14, fig. 4 et 7.

Les cloisons sont quelquefois obliques, le plus souvent horizontales. Peu après leur apparition, elles affectent en coupe transversale une disposition réticulée rappelant très exactement celle de beaucoup de tubes cribreux; les mailles du réseau varient du reste beaucoup de forme; elles peuvent être arrondies, elliptiques, quelquefois disposées en fentes rectilignes ou sinueuses (2).

Cette membrane primaire reste simple et toujours très mince; aussi faut-il d'assez forts grossissements et une observation attentive pour en reconnaître la présence, en coupe longitudinale, entre les épaississements qui se forment sur ses deux faces le plus souvent, et finissent par proéminer fortement dans les cavités cellulaires (3). Il est beaucoup plus facile de la distinguer lorsque les fibres ont été macérées.

Observés en coupe longitudinale, les épaississements des cloisons dessinent des festons élégants, affectant quelquefois des formes quasi géométriques, mais plus souvent se profilant comme de petites excroissances allongées en massue, légèrement infléchies vers l'axe de la cellule, et ordinairement disposées en tuyaux d'orgue de manière à s'insérer le plus convenablement possible dans les parties évasées du canal central (4).

En coupe transversale, bien exactement parallèle aux cloisons, on constate que ces mêmes excroissances constituent en réalité un massif épais de substance réfringente dans laquelle sont profondément enchâssées les traces lumineuses de très fins canalicules. Ce sont les vides correspondant à ceux-ci qui paraissent en coupe optique diviser les couches d'épaississement en une série de petites excroissances isolées.

---

(1) Pl. 14, fig. 9.

(2) Pl. 14, fig. 10.

(3) Pl. 14, fig. 4 et 7.

(4) Pl. 14, fig. 4 et 7.

Outre les cloisons formées par un repli de la première membrane, il peut y en avoir d'autres qui soient directement en relation avec l'une quelconque des couches secondaires de la zone interne. Le procédé de division est le même, mais à des degrés différents. Il se forme ainsi par le travers du canal central une série de diaphragmes d'autant plus étroits qu'ils sont de date plus récente et correspondent à une couche d'épaississement plus intérieure. On ne saurait mieux comparer les cellules où elles se produisent qu'aux tubes d'une longue-vue emboîtés les uns dans les autres. Il est du reste à remarquer qu'elles sont assez rares, épaississent rarement leurs parois, et échappent souvent à l'observation en raison même de leur extrême ténuité.

Les cloisons festonnées que nous venons de décrire ont leurs analogues dans beaucoup de cellules scléreuses, notamment dans celles qui se développent tardivement chez la Vigne vierge, à la limite du phellogène et de la couche collenchymateuse; d'autre part il est certain qu'elle se rattachent d'une manière intime aux plaques épaissies des tubes cribeux, double observation qui nous engage à considérer les fibres libériennes où elles se produisent, comme occupant un rang important dans la série des connexions morphologiques de la cellule végétale (1).

J'ai encore quelques observations à présenter sur la composition moléculaire de ces fibres.

1° L'ébullition prolongée dans le mélange de Schultz dissout également les deux zones, mais la seconde beaucoup plus rapidement que la première; aussi arrive-t-il souvent, au cours des expériences, que la membrane extérieure et ses replis internes sont encore intacts, tandis que les épaississements festonnés des couches secondaires et des cloisons se sont fondus en une substance amorphe uniformément appliquée contre les parois longitudinales et horizontales des compartiments.

---

(1) Indépendamment du petit groupe des *Ampelopsis* et des deux *Cissus* cités plus haut, où ces cloisons festonnées se produisent souvent d'une façon plus ou moins accusée, j'en ai trouvé d'absolument semblables et très bien développées dans les fibres libériennes du *Fraxinus excelsior* et du *Rhus coriaria*.

2° Si après macération moins prolongée, on traite les fibres par l'iode et l'acide sulfurique de manière à les dissoudre lentement, on remarque, au contraire, que c'est la zone externe, toujours très faiblement colorée en bleu, qui se dissout la première, ainsi que les minces cloisons qui en dépendent, sans que cette dissolution lente y fasse apparaître aucune trace de stratification concentrique.

Cette zone une fois dissoute ou à peu près, la zone interne, colorée en bleu intense, est attaquée à son tour; mais le travail de dissolution y est beaucoup plus lent. Elle se fond sans se mêler aucunement à la zone externe, et se résout enfin elle-même, en autant de bandes homogènes qu'elle contenait de couches de stratification.

Il semble résulter de ces observations que la constitution moléculaire et la proportion de cellulose, très différentes d'une zone à l'autre, restent au contraire constamment les mêmes dans les couches subordonnées de la seconde zone. Je n'insisterai pas davantage sur ce point, de même que je laisserai à d'autres plus habiles le soin de concilier ce qui ressort de ces phénomènes avec la théorie moderne de l'accroissement *intégral* de la membrane cellulaire par intussusception.

2e section. — **Éléments du bois.**

La proportion des éléments fibreux et vasculaires est très variable suivant les espèces. La seule chose à retenir, c'est que ce sont très souvent les vaisseaux qui dominent. Ils sont ordinairement isolés avec leur gaîne parenchymateuse au milieu du tissu fibreux. Dans le *C. adenocaulis* ils se groupent en faisceaux composés généralement d'un gros vaisseau et de plusieurs petits.

1° *Fibres ligneuses.* — Elles sont très généralement ponctuées et cloisonnées, notamment chez les *Vites veræ* où ces deux caractères sont très apparents. Dans beaucoup d'autres espèces il m'est fréquemment arrivé de rencontrer un mélange en proportions variables de fibres cloisonnées et d'autres qui ne le sont pas. Les cloisons font défaut ou sont au moins extrêmement rares dans les *C. glauca*, *C. Mappia*, *C. adnata*, *C. heterophylla* et *C. aconitifolia*.

Dans le groupe des *Leea* les fibres cloisonnées ne portent que de très rares ponctuations, malgré l'épaississement notable des parois, ce qui leur donne un *faciès* tout particulier.

2° *Fibres vasculaires.* — On rencontre assez fréquemment, dans le bois secondaire d'un grand nombre d'Ampélidées à tige dure, certains éléments dont la signification morphologique n'est pas exempte d'ambiguité. Ce sont des cellules sculptées, se rapprochant des fibres ligneuses proprement dites par leurs dimensions et leurs formes générales, s'en éloignant au contraire par le moindre épaississement de leurs parois et la nature des marques dont elles sont couvertes et qui se rapportent assez exactement à celles des vaisseaux proprement dits. A tous ces caractères il est impossible de ne pas reconnaître l'étroite parenté des cellules où je les ai constatées avec ces derniers organites, et c'est ce qui m'autorise à leur attribuer la valeur d'un type de transition, en les désignant sous le nom de *fibres vasculaires*.

Ces fibres sont quelquefois isolées dans la masse du tissu fibreux, mais on les rencontre beaucoup plus souvent groupées en faisceaux plus ou moins volumineux. Celles des *Vites veræ* sont couvertes, dans presque toutes les espèces, de stries extrêmement délicates, disposées en hélices, avec d'assez fréquentes anastomoses. Tantôt ces stries se répandent plus ou moins régulièrement sur tout le pourtour des fibres, ce qui donne à celles-ci l'aspect des cellules fibreuses des auteurs, ou mieux encore celui des fibres striées qu'on rencontre abondamment chez un grand nombre de Conifères. Tantôt, au contraire, les stries sont cantonnées sur un des côtés de la fibre et se combinent sur l'autre paroi avec un système de rayures héliçoïdales ou de fentes horizontales, simples ou aréolées, souvent disposées en séries scalariformes.

Les fibres vasculaires striées sont spéciales au groupe des vrais *Vitis*. Les éléments *vasculo-prosenchymateux* qu'on rencontre chez beaucoup d'autres espèces du type dur, telles que les *Ampelopsis tricuspidata; Leea staphylea; Cissus orientalis, C. striata, C. carnosa, C. vitifolia*, etc., etc., sont simplement marqués de ponctuations ou de raies diversement agencées, comme celles des vrais vaisseaux.

Les fibres vasculaires font absolument défaut dans les espèces à tige charnue, et elles deviennent d'autant plus rares dans les autres que la proportion des tissus lignifiés y est moins considérable. J'ajoute qu'elles m'ont paru se localiser le plus souvent à la partie externe des couches ligneuses annuelles, d'où la conclusion qu'elles résultent en définitive d'une simple dégradation, mais d'une dégradation constitutionnelle de l'élément vasculaire.

3° *Vaisseaux.* — L'étude des vaisseaux ne présente guère d'intérêt qu'au point de vue de leur distribution dans les différentes espèces.

a. Vaisseaux scalariformes. Ils ne se montrent nettement accusés que chez les *Vites veræ* et chez quelques *Cissus* à tige très lignifiée, tel que le *C. ferruginea.*

b. Vaisseaux rayés et réticulés. — Ils entrent pour une part importante dans la composition du bois chez toutes les espèces à tige dure. On les trouve au contraire d'autant moins abondants qu'on a affaire à des tiges plus molles. Je n'en ai point rencontré dans les *C. rufescens* et *C. populnea.*

c. Vaisseaux à ponctuations simples ou aréolées. — Très abondants dans les espèces à tige charnue; bien moins nombreux dans les autres où ils sont ordinairement localisés au voisinage des trachées.

4° *Parenchyme ligneux.* — Le parenchyme ligneux, localisé autour des vaisseaux et des groupes de fibres vasculaires, se rapporte à deux types différents. Tantôt il procède de la division assez irrégulière de cellules cambiales médiocrement allongées; tantôt, au contraire, il est composé de cellules de même calibre superposées en séries fusiformes et conséquemment produites par le sectionnement horizontal d'une cellule de nature prosenchymateuse. Dans les deux types les parois sont ordinairement découpées en festons assez analogues à ceux que nous avons étudiés dans les fibres libériennes de la Vigne, quoique moins volumineux en général et surtout d'une structure beaucoup moins compliquée.

La proche parenté du parenchyme ligneux du second type avec les éléments du tissu fibreux proprement dit, est d'autant plus facile à constater qu'on rencontre souvent des formes de transition. Il y en a notamment de très remarquables dans le *C. orientalis*. Ce sont de longues cellules fibreuses dont les cloisons horizontales, plus nombreuses que dans les fibres ordinaires, se sont chargées d'épaississements festonnés, sans pour cela se dédoubler. Ce rapprochement n'est pas sans intérêt. Il nous autorise à considérer le parenchyme ligneux du second type comme étant essentiellement constitué par des fibres ligneuses *à sections individualisées*.

Nous n'avons rien à ajouter à ce qui a été dit plus haut sur les cellules parenchymateuses à parois minces ou épaissies de la région coronale et des rayons médullaires, non plus que sur celui qui s'interpose dans certaines espèces du type mou, aux éléments lignifiés du faisceau.

CHAPITRE CINQUIÈME

CONTENU DES CELLULES

1° *Cellules à raphides*. — Les cellules à raphides de la Vigne vierge se rapportent à deux types principaux.

Les unes, quoique de dimensions plus fortes, se rapprochent beaucoup par leur forme des cellules parenchymateuses ordinaires. On les rencontre indifféremment répandues dans toutes les régions de l'écorce primaire et de la moelle, mais c'est incontestablement dans la partie libérienne des rayons médullaires qu'on doit chercher leur véritable lieu d'élection. Le grand axe de ces cellules peut être indifféremment placé en direction horizontale ou perpendiculaire, et cette orientation commande naturellement celle des faisceaux raphidiens eux-mêmes, sauf toutefois dans les cellules les plus courtes où ceux-ci sont souvent disposés en diagonale. De plus, elles sont toujours munies, dans les premiers temps, d'un noyau bien différencié, avec nucléole et granulations. Ce noyau, d'abord central, est plus tard poussé, par suite du développement du faisceau raphidien, contre la paroi de la cellule, sans toutefois y adhérer.

Dans les cellules du second type, au contraire, le noyau disparaît de très bonne heure, ou bien il se réduit à une petite masse protoplasmique très réfringente, homogène et intimement adhérente à la paroi. Il y a encore pour les mêmes cellules d'autres caractères différentiels. Ainsi elles sont généralement d'assez gros calibre, et il est fort curieux, quand on les étudie sur de très jeunes entre-nœuds, de les voir s'insinuer par leurs extrémités dans les méats auxquels elles font suite, en dissociant plus ou moins les cellules voisines, ce qui leur permet de se développer beaucoup en longueur, sans pour cela que leurs faisceaux raphidiens soient plus volumineux que ceux des cellules du premier type. Il arrive même souvent qu'elles sont disposées en séries longitudinales, et alors, leurs cloisons séparatives venant quelquefois à se résorber ou à se rompre, il se forme de la sorte de longs espaces pseudo-lacuneux contenant plusieurs groupes de raphides isolés ou plus ou moins mêlés ensemble. C'est dans le *C. discolor* que j'ai observé les exemples les plus remarquables de ce phénomène.

Les cellules du second type se localisent dans l'écorce primaire et dans la moelle. Dans le collenchyme elles s'effilent et s'amincissent beaucoup, ce qu'il était aisé de prévoir d'après la nature même de ce tissu. On n'en trouve pas dans les collenchymes compacts.

Dans la plupart des espèces, les parois des cellules à raphides, à quelque type qu'elles appartiennent, restent toujours très minces. Comme exception, on peut citer celles du *C. striata* qui se sclérifient assez souvent. Dans le *C. discolor* les cellules du petit calibre, répandues abondamment dans l'écorce et les rayons médullaires, épaississent généralement leurs parois où l'on distingue très bien, en coupe horizontale, une ou plusieurs stries concentriques. Traitées par le chloro-iodure de zinc, les membranes ainsi épaissies prennent la même coloration violette que les épaississements du tissu collenchymateux, ce qui indique une modification sensible dans leur composition chimique. En cet état les cellules contiennent encore une petite quantité de mucilage épais et granuleux dans lequel le faisceau raphidien est tenu en suspension et qui s'échappe avec lui, comme une masse consistante, quand la cellule vient à être coupée par le rasoir. D'autres fois le mucilage est entièrement absorbé par la membrane qui, très gonflée, hyaline et douée d'une forte réfringence, entoure exactement les raphides comme d'une sorte de manchon.

On trouvera plus loin la liste d'un certain nombre d'espèces du type mou, dont la moelle contient des cellules à parois épaissies semblables à celles du *C. discolor*, bien que situées dans d'autres régions. Elles m'ont généralement paru contenir aussi des raphides. Je dois reconnaître cependant que pour plusieurs d'entre elles l'observation directe de ces cristaux m'a été impossible, par suite de la dessiccation complète des échantillons.

Les faisceaux raphidiens sont constamment tenus en suspension dans un mucilage incolore, assez épais chez le *C. discolor*, comme il vient d'être dit, mais généralement plus liquide et d'un aspect floconneux dans les autres espèces où j'ai pu l'étudier sur des échantillons frais. Cette substance se contracte très fortement et se colore d'ordinaire en jaune pâle sous l'action de l'alcool; elle prend en même temps un aspect vitreux et quelquefois légèrement granulé, qui est très caractéristique. Remise ensuite au contact de l'eau, elle retourne instantanément à sa disposition normale. La teinture d'iode la colore également en jaune, tandis que l'eau iodée n'y produit pas de réaction sensible.

Ce mucilage provient apparemment de la dilution dans le suc cellulaire d'une matière protoplasmique franchement granuleuse qui, remplissant dans le principe la cavité tout entière de la cellule, et se colorant alors en jaune foncé, au contact de la teinture d'iode, disparaît lentement après l'apparition des cristaux.

J'ai constaté, dans plusieurs espèces, une différence importante entre les raphides de la moelle et ceux de la région corticale. Ceux-ci se retrouvent à peu près inaltérés dans la tige adulte, tandis que les autres disparaissent d'assez bonne heure en partie ou en totalité. Ainsi, dès la fin de la première période végétative, les grandes cellules médullaires à raphides de la Vigne vierge ne sont plus remplies que d'un suc incolore dans lequel on retrouve encore quelquefois la trace des faisceaux primitifs sous forme de petits corps obscurs, et vaguement aciculaires tenus en suspension vers le milieu de la cellule. Bien souvent cette trace elle-même a disparu. Au lieu d'être un simple produit d'excrétion, désormais inerte et sans emploi, comme certains botanistes le pensent des cristaux en général, la matière cristalline des faisceaux raphidiens, aurait donc dans certaines circonstances une valeur propre d'évolution physiologique. Sa résorption totale ou partielle dans les cellules médullaires des Ampélidées permet en effet de supposer qu'elle est employée dans une certaine proportion à l'élaboration des principes hydrocarbonés.

A aucune époque de leur existence les cellules raphidiennes ne contiennent la moindre trace de chlorophylle ou d'amidon.

Leur présence est constante dans toute la série des Ampélidées, mais non point partout avec la même abondance; c'est dans les vrais *Vitis* et dans quelques *Cissus* à tige consistante qu'elles sont le plus rares.

Indépendamment des raphides proprement dits, on trouve encore, dans quelques espèces, de petits cristaux aciculaires extrêmement ténus répandus pêle-mêle en masses profondes dans de grandes cellules hyalines à parois minces, qui sont irrégulièrement interposées aux éléments parenchymateux de l'écorce primaire et quelquefois du liber mou. Ces petits cristaux mesurent communément de 0^{mm},0046 à 0^{mm},0114 de longueur sur une épaisseur difficilement appréciable. Ils sont assez fréquents dans l'*Ampelopsis dissecta;* les *Cissus discolor*, *C. angulata*, *C. compressa*, *C. palmata*, *C. papillosa*, *C. adnata*, *C. genicula*, *C. pedata*, *C. striata*, *C. hypoleuca* et *C. elegans.*

2° *Tanin.* — J'ai d'abord à présenter quelques observations sur la formation du tanin dans les jeunes organes de la Vigne vierge.

Des coupes longitudinales pratiquées dans le cône végétatif de cette plante, mettent en évidence un certain nombre de cellules remplies d'une substance mucilagineuse jaune, d'apparence vitrée, qui se contracte sous l'action de la glycérine, et qui contient une assez grande quantité de tanin, comme on peut s'en assurer en la traitant par le perchlorure de fer. Ces cellules ne tardent pas à perdre leur coloration primitive tandis que leur contenu, d'abord homogène, se charge de fines granulations. Il est très facile de les reconnaître dans la tige adulte, aussi bien dans la moelle que dans les couches profondes de l'écorce primaire, tantôt disposées en séries longitudinales, tantôt isolées, ou bien encore accolées deux à deux, surtout dans le voisinage des nœuds et dans le tissu parenchymateux des bourgeons. Il est rare d'y trouver un noyau bien différencié et la chlorophylle n'y paraît jamais.

Indépendamment des cellules essentiellement tannigères dont il vient d'être question, la jeune tige de la Vigne vierge en contient d'autres où le tanin, dissous dans le suc cellulaire, est presque constamment accompagné de granulations amylacées ou chlorophylliennes. Elles sont propres aux couches extérieures de l'écorce.

La distribution du tanin se fait d'une façon très inégale dans la tige adulte des Ampélidées en général. C'est dans le liber mou et dans la région cambiale qu'il se montre en plus grande abondance et le plus souvent à l'état de dissolution. On le rencontre aussi, soit dans cette même région, soit dans les différentes assises de l'écorce primaire, et même dans la moelle, tantôt sous la forme granuleuse signalée plus haut, tantôt associé à une substance homogène qui se contracte par l'action de la glycérine.

En général la proportion du tanin dans les diverses espèces est en raison inverse de celle de l'amidon. Ainsi c'est dans les *Ampelopsis pubescens*, et *A. quinquefolia*, et dans la série des *Vites veræ*, toutes plantes très chargées d'amidon, qu'on en rencontre le moins, ce qui semblerait indiquer qu'il doit remplir un certain rôle, comme succédané de cette dernière substance, dans l'alimentation des végétaux.

Le tanin se présente chez quelques *Cissus* sous des aspects particuliers.

Dans le *C. antarctica*, certaines cellules de la moelle et de l'écorce contiennent en hiver un liquide jaune clair et homogène qui, contracté d'abord par la glycérine, se colore ensuite en gris au contact du perchlorure de fer. Le tanin est aussi très abondant dans le liquide violet qui remplit les cellules épidermiques de la même plante.

L'écorce primaire du *C. serjaniæfolia* est toute parsemée de cellules d'un aspect tout particulier. Le noyau réfringent qui en occupe le centre se rattache aux parois cellulaires par des prolongements protoplasmiques étoilés entre lesquels est répandue une substance d'apparence visqueuse et à réfringence opaline, qui paraît d'abord peu sensible aux réactifs du tanin. Mais à ce premier état on en voit bientôt succéder un autre dans lequel la substance interstitielle se résout en grosses gouttelettes jaunâtres que le prochlorure colore en noir verdâtre. Il est intéressant de noter qu'on trouve en même temps dans cette espèce d'autres cellules tannigères dont le contenu, granuleux ou dissous, est, au contraire, coloré en noir brun par le prochlorure. Nous trouvons donc ici deux variétés de tanin associées dans la même plante.

Les gouttelettes de tanin sont très abondantes dans le *C. serjaniæfolia*; on les rencontre non seulement dans l'écorce primaire, mais encore dans certaines cellules courtes et cylindriques des couches externes du liber mou, où elles sont souvent associées à des grains d'amidon.

J'ai constaté la présence de semblables gouttelettes dans les *C. bipinnata* et *C. aconitifolia*. Celles qu'on rencontre dans le *C. tuberculata* et, plus abondamment, dans les *C. striata* et *C. inæquilatera*, diffèrent sensiblement des précédentes. Ce sont en général de gros globules sphériques, très réfringents et faiblement colorés en jaune, qui se localisent toujours, soit dans l'écorce seulement (*C. striata*), soit dans l'écorce et dans la partie lignifiée des rayons médullaires (*C. inæquilatera*). Tantôt la substance de ces globules est homogène, tantôt elle se creuse d'une grande vacuole centrale ou de plusieurs vacuoles de dimensions très variables.

Ces globules m'ont paru se multiplier par division ou bourgeonnement. Il n'est pas rare d'en rencontrer plusieurs petits entourant un gros globule central d'où ils paraissent provenir. L'alcool les dissout, tantôt complètement, tantôt en laissant subsister une sorte de gangue vaguement globuleuse. Il est enfin à remarquer que le prochlorure de fer les colore en brun noirâtre, tandis que le tanin amorphe ou granuleux auquel ils sont associés dans les mêmes espèces prend, sous l'action de ce réactif, une teinte gris bleu foncé (*C. striata*), ou gris brun (*C. inæquilatera*).

Une remarque plus intéressante à faire, c'est que la tige de ces deux espèces où le tanin est si abondant, sous plusieurs états différents, ne renferme, au contraire, aucun grain d'amidon, tout au moins pendant la période d'emmagasinement des matériaux de réserve.

3° *Amidon et ses succédanés.* — L'amidon de réserve des Ampélidées se localise le plus souvent dans les rayons médullaires, sur les bords ou dans toute l'étendue de la moelle, dans les cellules allongées, disposées en forme de couronne à la partie interne des faisceaux, et dans les couches profondes du parenchyme cortical où il est plus ou moins entremêlé de grains de chlorophylle.

J'ai donné plus haut la liste des espèces dont la moelle contient plus ou moins d'amidon; je n'ai pas à y revenir. Tantôt cette substance remplit à peu près également tout le canal médullaire, tantôt elle s'y cantonne à la hauteur des nœuds, et c'est toujours là qu'on la rencontre en plus grande abondance.

J'en ai aussi observé quelquefois dans les éléments prosenchymateux du bois et jusque dans les cellules allongées du liber mou. En revanche elle m'a paru faire toujours défaut dans les cellules coronales à parois minces des espèces du type mou.

Pour bien se rendre compte de ce qui peut entrer de matière amylacée dans la tige grêle de certaines Ampélidées, on ne peut mieux faire que de s'adresser aux *A. quinquefolia* et *A. pubescens*. Ici l'amidon ne se localise pas; il abonde dans toutes les régions caulinaires, depuis les couches collenchymateuses voisines du liège jusqu'au centre de la moelle. On en rencontre quelques grains dans les fibres libériennes elles-mêmes.

Cette production est aussi très abondante chez l'*Ampelopsis rotundifolia* et *C. discolor*, mais dans cette dernière plante elle est plus localisée. L'amidon y apparaît surtout dans les rayons médullaires, dans le parenchyme non lignifié des faisceaux, et surtout dans la moelle qui en est littéralement bourrée et où les grains sont toujours de très grande taille.

Pour l'abondance et la grosseur des grains on peut encore citer : *Cissus vitifolia*, *C. palmata*, *C. capensis* et *Vitis cordata*. Voici au surplus quelques mesures qui donneront une idée de la dimension des grains les plus gros :

Cissus capensis : 0^{mm},011 sur 0^{mm},019; 0^{mm},013 sur 0^{mm}024; 0^{mm},016 sur 0^{mm},022.

Cissus discolor : 0^{mm},008 sur 0^{mm},016; 0^{mm},005 sur 0^{mm},027 , 0^{mm},013 sur 0^{mm},022; 0^{mm},016 sur 0^{mm},024.

L'amidon abonde aussi chez les vrais *Vitis*, où on le trouve réparti depuis les couches externes du liber jusqu'aux cellules à parois un peu épaissies qui occupent la périphérie de la moelle; il ne manque que dans les tubes cribreux et très généralement aussi dans l'intérieur du canal médullaire.

Vus en masses profondes, les grains d'amidon des vrais *Vitis* et ceux de beaucoup d'espèces à bois dur, ont une coloration verte assez intense, ce qui montre bien qu'ils ne se dépouillent jamais complètement de leur enveloppe chlorophyllienne.

La chlorophylle, assez abondante dans la jeune moelle du *C. elegans*, s'y résoud en petits groupes étoilés formés par l'agglomération de grains d'amidon très ténus qui se répandent ensuite dans le suc cellulaire, et finissent par disparaître complètement.

Dans beaucoup d'espèces la production de l'amidon est sensiblement réduite. Ainsi dans *C. hypoleuca* la moelle seule en contient ordinairement, à l'exclusion de tous les autres tissus, même de la couche où la présence de cette substance est généralement si constante que certains auteurs la désignent sous le nom de *couche amyligère*. Il en est de même, autant que j'ai pu en juger par des échantillons desséchés, pour les *V. pallida; Ampelopsis tricuspidata; Cissus angulata, C. vitiginea, C. Mappia, C. adnata* et *C. rufescens*.

Enfin voici une liste de vingt-cinq espèces où il m'a été impossible de rencontrer le moindre grain d'amidon dans aucune partie de la tige : *Leea hirta, L. staphylea, L. aculeata; Vitis heterophylla, V. erythrodes, V. tomentosa, V. parvifolia, V. nidica, V. glandulosa; Cissus Schimperi, V. adenocaulis, C. compressa, C. cantoniensis, C. aculeata, C. lanceolaria, C. papillosa, C. thyrsiflora, C. pergamacea, C. carnosa, C. genicula, C. japonica, C. mollis, C. quadrangularis, C. inæquilatera*, et *C. striata*.

Il est vrai qu'à l'exception des deux dernières, je n'ai étudié ces espèces que sur des échantillons d'herbier, ce qui diminue sans doute la portée de mon observation. Il est possible qu'il s'y forme de l'amidon dans les jeunes tiges, mais que cette substance disparaisse de bonne heure, sans se régénérer jamais, et qu'elle soit en définitive remplacée, comme réserve alimentaire, chez la plante adulte, en partie par du tanin, ainsi qu'on l'a vu plus haut pour les *C. inæquilatera* et

C. striata, en partie par des principes immédiats spéciaux analogues à ceux dont j'ai constaté la présence dans ces deux mêmes plantes et dans quelques espèces voisines.

L'étude de ces substances vaut la peine qu'on s'y arrête un instant.

Les très jeunes rameaux du *C. inæquilatera* contiennent au printemps des corpuscules réfringents, incolores ou légèrement teintés de jaune, qui se localisent presque exclusivement dans les cellules périphériques de la moelle. La forme de ces corpuscules est assez variable. Ce sont en général de petites sphères peu régulières ou à surface très inégalement mamelonnée, ce qui semblerait indiquer qu'ils proviennent de la soudure de plusieurs grains primitivement isolés.

La moelle contient aussi à cette époque de l'amidon en très petite quantité, du tanin, et enfin de fines granulations brunâtres agglomérées au centre de certaines cellules. Nous n'avons pas à nous occuper de cette dernière substance qui pourrait bien n'être qu'un produit de désassimilation. Quant à celle qui constitue les corpuscules réfringents, elle doit être abondamment répandue, à l'état de solution, dans le suc cellulaire de la moelle. Voici pourquoi.

Si l'on met macérer dans l'alcool concentré quelques fragments de jeunes tiges, on constate, au bout de quelques jours, que les corpuscules ont beaucoup augmenté de nombre et de volume, sans que leur forme ni leur aspect se soient sensiblement modifiés. Ils sont toujours à peu près sphériques ou diversement mamelonnés, mais néanmoins plus compacts quand ils se rapportent à ce dernier type. Leur réfringence rappelle beaucoup les tons nacrés et chatoyants de l'amidon, quoiqu'on n'y remarque aucune trace apparente de stries de stratification, mais bien une petite vacuole centrale, sorte de hile ou d'ombilic qu'on ne distingue nettement qu'en faisant successivement monter et descendre l'objectif. Il peut aussi arriver qu'il existe plusieurs vacuoles dans l'intérieur de certains corpuscules, ou même que chacun des grains dont ils paraissent formés soit muni d'une petite vacuole avec cercle concentrique. On ne met bien en évidence ces détails de structure qu'en traitant les corpuscules par l'acide sulfurique faible.

Notons enfin qu'il n'y a jamais plus d'un grain par cellule, qu'ils en occupent toujours le centre, et qu'ils sont localisés, comme à l'état normal, à la périphérie de la moelle.

J'ai mesuré quelques-uns de ces grains. Leur diamètre varie en général de $0^{mm},010$ à $0^{mm},013$, mais on en trouve aussi de plus petits. Ils se dissolvent très lentement dans l'eau froide, ou diminuent tout au moins beaucoup de volume. En cet état, leur transparence est assez grande pour qu'on y distingue, soit un noyau central très réduit, avec ombilic, soit un groupe plus ou moins complexe de petits grains réfringents, résultat analogue à celui qu'on obtient plus rapidement par l'action de l'acide sulfurique. J'ai remarqué que la station prolongée dans l'alcool diminue aussi le volume des grains; mais il suffit alors pour leur faire reprendre leur apparence et leurs dimensions premières, de les traiter successivement par l'eau bouillante et l'alcool concentré.

La grande ressemblance de ces corpuscules avec ceux qu'on rencontre naturellement dans les jeunes tiges, et l'identité de leurs réactions m'ont porté à croire qu'ils sont de même nature. Ils proviennent très probablement les uns et les autres d'une même substance soluble contenue dans le suc cellulaire et dont l'alcool a simplement pour effet d'activer la concentration.

La proportion de cette substance augmente du reste très sensiblement avec l'âge de la plante. Il est facile de s'en assurer en faisant macérer dans l'alcool concentré des fragments de tiges arrivées à la fin de leur première période de végétation, mais non encore dépouillées de leurs feuilles. Sous l'influence de l'alcool, il se forme alors, non plus seulement à la périphérie, mais bien dans toute l'étendue de la moelle, un nombre considérable de corpuscules analogues à ceux du printemps.

Avant d'aller plus loin, je dois rappeler que le parenchyme cortical et radio-médullaire du *C. inæquilatera* contient alors du tanin en abondance; quant à l'amidon, déjà très rare dans les jeunes rameaux, il a complètement disparu de la tige; on n'en trouve même plus de trace dans la couche amyligère. J'ai constaté aussi qu'à la même époque il n'y en avait pas dans le pétiole et très peu dans la feuille. Je ne l'y ai rencontré que dans quelques cellules épidermiques et notamment dans les stomates de la face inférieure.

On comprend aisément quelle peut être la portée de cette remarque, mais je n'y insiste pas pour le moment, et je reviens à l'étude des corpuscules.

Ceux-ci, avons-nous dit, sont très analogues aux formations concrétionnées qui se précipitent au printemps sous l'action de l'alcool dans les cellules périphériques de la moelle. Il y a pourtant à cet égard quelques distinctions à faire. Pour quelques-unes de ces nouvelles formations l'identité est complète, même après que les fragments de tiges ont séjourné très longtemps dans l'alcool; mais il y en a d'autres, en bien plus grand nombre, qui, de nature et d'origine absolument semblables, commencent alors à présenter, dans leur forme ou leur consistance, des traces évidentes de dégradation. Tantôt elles se creusent de vacuoles très visibles, tantôt leur substance paraît se résoudre en petites particules réfringentes, tandis que chez d'autres l'altération se manifeste par l'apparition de stries sinueuses ou concentriques qui donnent aux grains une apparence ridée très caractéristique.

Enfin un très grand nombre de ces corpuscules se montrent alors associés de la façon la plus curieuse à une substance cristalline qui s'est condensée à son tour sous l'influence de l'alcool.

Cette substance se montre sous forme de demi-sphères ou de segments de sphères soudés contre la paroi des cellules, soit isolément, soit de manière à adhérer les uns aux autres par la base, aux angles de jonction de plusieurs cellules, ce qui est, comme on sait, le mode habituel de groupement des sphéro-cristaux de l'inuline.

L'intérieur de ces élégantes formations paraît rempli d'une substance amorphe peut-être semi-liquide, et revêtue, en forme de calotte hémisphérique, d'une couche simple ou double de petites aiguilles rayonnantes, extrêmement fines, soudées entre elles à la partie inférieure, et dont les extrémités libres, plus ou moins allongées, proéminent dans la cavité de la cellule. Vues en masses profondes, ces aiguilles prennent avec le temps une coloration brunâtre plus ou moins intense, ce qui achève de donner aux groupes aciculaires considérés dans leur ensemble, la plus frappante ressemblance avec des oursins de mer munis de leurs piquants. Ceux dont la coloration est plus pâle ou même insensible, avec de très courtes aiguilles presque entièrement engagées dans une sorte de substance mucilagineuse, sont évidemment de formation plus récente.

Enfin on aperçoit constamment, fixés contre la paroi cellulaire au centre de rayonnement des groupes cristallins, les restes vacuoleux ou nucléolés, mais toujours très reconnaissables, des corpuscules réfringents, ceux-ci se montrant constamment du reste d'autant plus altérés que la coloration des aiguilles est plus intense. Il y a donc un rapport évident entre la formation des sphéro-cristaux et la dégradation des corpuscules, ce qui nous conduit à penser que nous pourrions bien n'avoir affaire en définitive qu'à une seule substance, soluble à l'état naturel, et prenant sous l'action plus ou moins prolongée de l'alcool, tantôt la forme simplement globuleuse, tantôt la forme cristalline. Ce serait une ressemblance de plus avec l'inuline, sans qu'on puisse d'ailleurs rien en induire touchant la proche parenté des deux substances, puisque leurs réactions ne sont pas les mêmes.

Nous connaissons déjà celles des corpuscules; elles ne changent pas sensiblement après que ceux-ci se sont entourés d'aiguilles rayonnantes; je n'y reviendrai pas. Quant aux aiguilles, j'ai reconnu qu'elles se dissolvent lentement dans l'eau froide en se décolorant peu à peu. Dans la potasse leur dissolution est instantanée. Je n'ai pu pousser plus loin l'étude de la constitution de ces corpuscules, n'ayant eu à ma disposition qu'un nombre assez restreint de fragments de tiges, et les réactifs microchimiques ne m'ayant donné aucun résultat appréciable. Tout ce que je puis affirmer, c'est que les réactifs du sucre se sont montrés aussi indifférents que les autres, contrairement à ce qu'on aurait pu présumer au premier abord.

Il y a donc tout lieu de croire qu'il s'agit ici d'une substance spéciale, associée au tanin, comme succédanée de l'amidon, dans son rôle de réserve alimentaire, et appartenant très probablement, comme ces deux corps, à la série des hydrates de carbone. Cette substance n'a pas encore été signalée jusqu'ici, du moins à ma connaissance. Je proposerais, sauf vérification, de lui donner le nom de *Cissose*.

Les sphéro-cristaux se forment en grande abondance dans les tiges âgées plongées longtemps dans l'alcool ; ils sont au contraire très rares dans les jeunes tiges, mais on y trouve en revanche assez fréquemment, toujours après macération dans l'alcool, de grosses houppes de cristaux aciculaires qui occupent la cavité de plusieurs cellules contiguës, en rayonnant plus ou moins régulièrement autour d'une grosse masse sphérique de substance liquide granuleuse, et colorée en jaune intense. Ces cristaux, insolubles dans l'eau bouillante, se dissolvent au contraire très rapidement dans la potasse.

La formation des sphéro-cristaux sous l'influence de l'alcool n'est pas spéciale à la moelle du *C. inæquilatera*. J'en ai trouvé de semblables dans celle du *C. striata*, plante également privée d'amidon à l'état adulte. Il s'en forme aussi dans la moelle du *C. serjaniæfolia*, mais en moins grande quantité, sans doute parce que, dans cette espèce, la production de l'amidon, quoique réduite, n'est pas entièrement supprimée. Enfin ce n'est qu'accidentellement et par une sorte de dégradation physiologique proportionnelle, qu'on en rencontre de très rares échantillons dans quelques espèces où la production de l'amidon est à peu près normale, savoir : *C. bipinnata*, *C. orientalis*, *C. antarctica* et *C. heterophylla*. Il serait très intéressant d'étudier à ce point de vue les nombreuses espèces signalées plus haut comme étant dépourvues d'amidon et dont je n'ai eu à ma disposition que des échantillons desséchés.

Tous ces sphéro-cristaux se ressemblent beaucoup, dans quelque espèce qu'on les observe. Cependant ceux du *C. striata*, très abondants d'ailleurs, sont sensiblement moins volumineux que les autres. Leur coloration est aussi plus pâle, et il m'a semblé en outre, qu'au lieu d'adhérer constamment aux parois cellulaires, leurs aiguilles se disposent quelquefois en sphères régulières tenues en suspension dans la cavité des cellules.

CHAPITRE SIXIÈME

CLASSIFICATION

Mon intention n'est pas de reprendre en sous-œuvre, dans ce dernier chapitre, la question encore aujourd'hui si controversée de la composition naturelle des genres dans la famille des Ampélidées. Cette étude très délicate sortirait entièrement du cadre de mon sujet, et je serais d'ailleurs fort embarrassé à divers points de vue de l'aborder utilement. La seule chose que je me propose est de répartir les espèces que j'ai étudiées, en un certain nombre de sections uniquement fondées sur la considération des affinités et des divergences histologiques de leur tige.

1er GROUPE

Phellogène intralibérien. Tige franchement sarmenteuse.

Section unique.

VITES VERÆ. — Fibres libériennes à parois minces, disposées en faisceaux volumineux qui se détachent en lanières en même temps que l'écorce primaire à laquelle ils restent adhérents. Fibres libériennes secondaires. Cylindre ligneux *entièrement lignifié*. Fibres ligneuses ponctuées. Cellules médullaires à parois plus ou moins épaissies. Moelle généralement hétérogène.

A. Fibres vasculaires striées ou rayées :

V. vinifera.
V. laciniosa.
V. purpurea.
V. canescens.
V. sylvestris.
V. labrusca.
V. vulpina.
V. monticola.
V. riparia.
V. virginiana.
V. flexuosa.
V. amurensis.
V. cebennensis.
V. æstivalis.
V. coriacea.

B. Pas de fibres vasculaires striées.

V. parvifolia.

2e GROUPE

Phellogène sous-épidermique (quelquefois stérile). Tige plutôt grimpante que sarmenteuse.

Première section.

Leea. — Fibres libériennes à parois médiocrement épaisses, disposées en groupes volumineux peu adhérents au liber mou. Cylindre ligneux *entièrement lignifié*. Fibres ligneuses *à parois lisses ou très peu ponctuées*. Cellules de la moelle à parois légèrement épaissies. Moelle homogène généralement stérile.

L. parallela.
L. robusta (Java).
L. staphylea.
L. sambucina.
L. hirsuta.
L. aculeata.
L. hirta.
L. robusta (Ind. Or.). Tige molle ou peu lignifiée.

Deuxième section.

Vitis et Cissus *pro parte*. — Fibres libériennes à parois généralement épaisses. Cylindre ligneux presque toujours *entièrement lignifié*. Fibres ligneuses ponctuées. Fibres vasculaires *non striées*.

I. Cellules médullaires à parois généralement un peu épaissies.

A. Moelle homogène :

C. capensis.
C. cantoniensis.
C. striata.
C. antarctica.
C. orientalis.
C. inæquilatera.

B. Moelle hétérogène :

C. bipinnata.

II. Cellules médullaires à parois minces. Cellules de la couronne à parois plus ou moins épaisses.

A. Cellules raphidiennes à parois épaissies dans la moelle :

V. indica.
V. glandulosa.
C. polythyrsa.

B. Pas de cellules épaissies dans la moelle.

a. Moelle hétérogène :

C. aconitifolia.
C. heterophylla.

b. Moelle homogène :

V. erythrodes.
V. tomentosa.
V. bipinnata.
V. brevipedunculata.
V. persica.
V. rupestris.
V. lanata.
C. aculeata.
C. vitifolia.
C. thyrsiflora.
C. ferruginea.
C. hymalayana.
C. elegans.
C. serjaniæfolia.
P. cissoides.

Troisième section

Ampelopsis. — Fibres libériennes à parois épaisses et cloisons plus ou moins festonnées. Cylindre ligneux *entièrement lignifié*. Fibres ligneuses ponctuées. Moelle homogène.

I. Cellules médullaires à parois minces.

A. tricuspidata.
A. quinquefolia.
A. pubescens.
A. rotundifolia.

II. Cellules médullaires à parois épaissies.

A. hederæfolia.
A. dissecta.

Quatrième section

Vitis et Cissus *pro parte*. — Fibres libériennes à parois plus ou moins épaisses. *Cellules de la couronne non lignifiées.* Fibres ligneuses ponctuées. Vaisseaux souvent marqués de ponctuations aréolées en réticulation serrée. Moelle homogène à cellules généralement minces.

I. Lignification complète des rayons médullaires et des faisceaux en dehors de la région coronale.

C. glauca.
C. adnata.
C. vitiginea.
C. angulata.
V. heterophylla.

II. Faisceaux lignifiés. Lignification souvent très incomplète des rayons médullaires en dehors d'une zone plus ou moins accusée d'éléments épaissis.

A. Cellules à parois épaisses dans la moelle :

C. papillosa.
C. compressa.

B. Pas de cellules épaissies dans la moelle :

V. pallida.
C. japonica.
C. carnosa.
C. rufescens.
C. nodosa.
C. lanceolaria.
C. populnea (tige quadrangulaire).

III. Rayons médullaires non lignifiés en dehors d'une zone bien accusée d'éléments épaissis et allongés.

A. Faisceaux fibro-vasculaires entièrement lignifiés.

V. cordata.
C. Schimperi.
C. genicula.
C. palmata (tige quadrangulaire).

B. Éléments fibro-vasculaires entremêlés de tissu parenchymateux non lignifié.

a. Cellules médullaires à parois minces.

C. discolor.
C. serpens.
C. pedata.
C. pergamacea.
C. Mappia.
C. adenocaulis.

b. Cellules médullaires à parois un peu moins minces.

C. hypoleuca.
C. tuberculata.

IV. Groupes vasculaires ou fibro-vasculaires isolés dans un massif parenchymateux à parois minces.

C. ficifolia ou *mollis.*
C. quadrangularis.

EXPLICATION DES FIGURES.

PLANCHE 11.

Fig. 1. *Ampelopsis quinquefolia.* Poil strié en dents de lime.
Fig. 2. *Cissus elegans.* Poil strié en dents de lime.
Fig. 3. *Cissus antarctica.* Poil en navette.
Fig. 4. *Ampelopsis hederæfolia.* Poil pédonculé en navette.
Fig. 5 et 6. *Cissus antarctica.* Modes d'insertion des poils en navette.
Fig. 7. *Cissus antarctica.* Poil bifurqué.
Fig. 8. *Cissus antarctica.* Poil en enclume.
Fig. 9. *Cissus antarctica.* Poil dressé.
Fig. 10. *Cissus antarctica.* Cicatrice produite par la chute des poils à cellules basilaires.
Fig. 11. *Vitis amurensis.* Coupe d'ensemble, spécimen des *Vites veræ* :—*e. p.*, écorce primaire ; — *f. l.*, fibres libériennes ; — *s.*, suber ; — *l. m.*, liber mou ; — *f. l. s.*, fibres libériennes secondaires ; — *c. l.*, corps ligneux. La signification des lettres est la même dans les figures suivantes.
Fig. 12. *Cissus capensis.* Coupe d'ensemble ; spécimen des *Cissus* du type dur. — *c. s.*, cellules scléreuses interposées aux faisceaux fibro-libériens.

PLANCHE 12.

Fig. 1. *Cissus thyrsiflora.* Coupe d'ensemble ; prédominance du système vasculaire; lignification souvent incomplète des rayons médullaires quoique l'épaississement des cellules de la couronne rattache cette espèce aux *Cissus* du type dur. — Type intermédiaire ou de transition : — *c. s.* cellules scléreuses interposées aux faisceaux fibro-libériens.
Fig. 2. *Ampelopsis quinquefolia.* Coupe d'ensemble. Développement considérable des parties parenchymateuses de l'écorce. Cellules de la moelle à parois très minces.
Fig. 3. *Cissus elegans.* Développement de la région coronale dans les espèces du type dur.
Fig. 4. *Cissus hypoleuca.* Développement de la région coronale dans les espèces du type mou.

PLANCHE 13.

Fig. 1. *Cissus discolor.* Coupe d'ensemble. Spécimen des espèces du type mou.
Fig. 2. Id. Détail des îlots fibro-vasculaires avec parenchyme mince interposé dans le corps du faisceau.
Fig. 3. Id. Développement du corps ligneux; faisceaux, rayon médullaire, cambium :—*c. c.*, cellules à parois minces de la région coronale ;—*e. a.*, éléments allongés, fibreux et pseudo-prosenchymateux de la zone continue située à la partie interne des faisceaux et des rayons médullaires; — *f. l.*, fibres libériennes ; — *c.*, cambium.

Fig. 4. Id. Coupe radiale dans le rayon médullaire : — *c. p.*, cellules pseudo-prosenchymateuses à l'entrée du rayon ; — *m.*, moelle.

Fig. 5. Id. Coupe radiale dans le faisceau ; — *f. l.*, fibres ligneuses ; — *c. c.*, cellules à parois minces de la région coronale ; — *m.*, moelle.

PLANCHE 14.

Fig. 1. *Cissus ficifolia* ou *mollis*. Coupe d'ensemble. Spécimen des espèces à tige quasi herbacée.

Fig. 2. *Cissus antarctica*. Cellules à perforations de la région corticale.

Fig. 3. *Ampelopsis quinquefolia*. Coupe d'ensemble dans le faisceau fibro-libérien.

Fig. 4, 5, 6. Id. Modes divers d'épaississement des fibres libériennes.

Fig. 7, 8. Id. Canalicules des fibres libériennes sous un fort grossissement.

Fig. 9. Id. Membrane primaire des fibres libériennes avant la formation des couches secondaires d'épaississement.

Fig. 10. Id. Cloison divisionnaire des fibres libériennes vue en coupe horizontale avant la formation des épaississements. Ces cloisons présentent le même aspect après avoir été traitées par le chloro-iodure de zinc.

SUR

L'ORIGINE DES GRAINS D'AMIDON

Par M. A. F. W. SCHIMPER (1).

I. — M. Nägeli (2) et M. Sachs (3) ont étudié les premiers le développement de l'amidon dans les grains de chlorophylle. Leurs recherches ont porté principalement sur les feuilles des Phanérogames, le parenchyme vert de la tige de certains Cactées et sur les Characées. D'après ces observateurs, les grains de matière amylacée naissent dans des endroits quelconques du grain de chlorophylle, ils grossissent peu à peu, s'aplatissent là où ils arrivent en contact les uns avec les autres, tandis que la substance même du grain de chlorophylle, qui grossit d'abord, ne tarde pas à diminuer et à disparaître plus ou moins complètement.

Je ne puis que confirmer ces observations. C'est en effet de cette manière que naît l'amidon dans les grains de chlorophylle du mésophylle et de certaines tiges. Mais dans un grand nombre de celles-ci l'amidon, au lieu d'apparaître dans un endroit quelconque des grains de chlorophylle, prend naissance immédiatement au-dessous de la surface (fig. 1). La mince couche chlorophyllienne qui le recouvre étant bientôt percée, le grain d'amidon fait librement saillie au dehors. Parfois même il paraît être superficiel dès l'origine.

Lorsque les grains de chlorophylle sont aplatis, la formation de l'amidon se localise sur la tranche tandis qu'elle est uniformément répandue sur toute la surface dans les grains arrondis. Le grain d'amidon qui reste constamment plongé dans la chlorophylle, se distingue par sa structure concentrique (dans le parenchyme de l'écorce et de la moelle du *Cereus speciosissimus*), mais ils restent généralement très petits et ne laissent voir aucune stratification. Dans le *Vanilla planifolia*, le grain d'amidon se compose de plusieurs centaines de petits granules qui naissent isolément, grossissent et deviennent polyédriques par pression réciproque.

---

(1) Traduction abrégée du mémoire publié dans le *Botanische Zeitung*, 1880, col. 881. « Untersuchungen über die Entstehung der Stärkekörner. » D'après une note de M. de Bary, le manuscrit a été déposé avant l'apparition du travail de M. Dehnecke : « Ueber nicht assimilirende Chlorophyllkörner », qui est resté inconnu à l'auteur.

(2) Zeitschr. f. wiss. *Bot.* Heft. III et IV, p. 115.
Die Stärke körner, p. 398.

(3) Ueber den Einfluss des Lichts, etc. *Bot. Zeit.*, 1862. Ueber die Auflösung und Wiederbildung des Amylums in den Chlorophyllkörnen. *Bot. Zeit.*, 1864. Exp. Pys. p. 320.

Les grains d'amidon qui naissent dans la partie périphérique du corpuscule chlorophyllien atteignent fréquemment des dimensions considérables et une structure lamellaire, par exemple dans le *Begonia*, le *Peperomia stenocarpa*, les *Pelargonium*, l'*Oxalis Ortgiesii*, le *Dieffenbachia Seguina*, le *Costus Malortieanus* et, à un degré moindre dans la tige de la pomme de terre. Tous ces grains, sans exception, ont une structure excentrique, le côté qui s'accroît avec le plus de rapidité est en contact avec le grain de chlorophylle (fig. 2) ; on est donc autorisé à admettre que cette forme est le résultat d'un accroissement inégal, opinion qui se trouve confirmée par ce fait qu'à l'endroit où le grain d'amidon touche accidentellement à un autre grain de chlorophylle, il s'accroît en une saillie (fig. 2 *b*.).

La chlorophylle, qui possède la propriété amylogène dans toutes ses parties, peut également donner naissance, dans sa couche superficielle, à des grains d'amidon qui se font jour à travers le mince revêtement de matière verte, mais ces grains ne présentent jamais les stries si caractéristiques dans les autres.

II. — Lorsqu'on fait des coupes dans des parties de plantes privées de chlorophylle, mais chargées d'amidon, on voit que les jeunes granules de cette matière, au lieu d'être entourés de protoplasma ordinaire, sont enfermés dans des corpuscules réfringents, sphériques ou fusiformes ou simplement en contact avec eux. Ces corpuscules, extrêmement altérables, se gonflent et se dissolvent aussitôt que l'eau a pénétré dans les cellules.

Mais on peut les observer commodément en mettant la coupe dans de la teinture d'iode étendue d'eau, où ils prennent une coloration jaune plus ou moins foncée, suivant la concentration.

Le réactif de Millon les teint en rouge brique et l'acide nitrique en jaune; ils se composent donc d'une matière albuminoïde.

Ces corpuscules se comportent vis-à-vis de l'amidon absolument comme les grains de chlorophylle, c'est-à-dire qu'ils peuvent l'engendrer soit dans toutes leurs parties, soit à la surface seulement. Les grains d'amidon nés à la surface deviennent libres d'un côté et présentent bientôt une structure excentrique, le hile étant opposé au point d'attache (fig. 3, 4, 5 et 6). L'amidon vient-il à toucher un autre de ces corpuscules, aussitôt il s'accroît en une petite bosse, absolument comme dans les cellules à chlorophylle. J'ai pu étudier également de l'amidon complètement développé dans la substance même de ces corps albuminoïdes; c'étaient toujours des grains composés, sans structure appréciable ou plus rarement formés par des couches concentriques. Quant aux corpuscules amylogènes eux-mêmes, ils s'accroissent d'abord un peu, puis ils diminuent, se gélifient pour disparaître enfin complètement. Leurs fonctions, relativement à la formation de l'amidon, sont les mêmes que celles de la chlorophylle, ce sont, en un mot, les organes amylogènes des cellules non assimilatrices (1).

Dans les cellules épidermiques de la tige et du pétiole du *Philodendron grandifolium* (fig. 7, 10 et 11), on trouve le noyau entouré de petites sphères mates de même aspect que le

---

(1) All. « Stärkebildner. »

Les vésicules (Brutbläschen) contenant de l'amidon et que décrit M. Nägeli (Zeitschrift f. wiss. *Bot.* I, § 149; III, p. 109) sont évidemment les mêmes corpuscules. M. Trécul (*Ann. sc. nat.*, 4^{e} sér., t. X. Des formations vésiculaires dans les cellules végétales) les a exactement observés et figurés dans l'endosperme de certaines Caryophyllées, Chénopodées, Graminées, etc. Le grand nombre d'observations nouvelles que renferme ce mémoire a passé inaperçu, du moins en Allemagne, à cause des théories singulières que l'auteur cherche à baser sur ces observations et sans doute aussi à cause de quelques erreurs inexplicables.

noyau lui-même, et formées par la segmentation de son revêtement protoplasmique. Ces petits corps ne sont autres que les amylogènes donnant naissance, immédiatement au-dessous de leur surface, à de nombreux grains d'amidon qui restent généralement très petits et se détruisent finalement.

Dans le rhizome de l'*Amomum Cardamomum* (fig. 3), on rencontre des grains d'amidon très volumineux, en forme de massue et striés. Le hile est excentrique au milieu de la partie renflée. Les corpuscules amylogènes ressemblent à ceux du *Philodendron;* ils engendrent un, deux ou trois grains d'amidon superficiels; d'abord hémisphériques appliqués à plat sur l'amylogène, ces grains s'allongent pour prendre la forme qui vient d'être décrite.

Dans le rhizome du *Colocasia antiquorum*, les corpuscules albuminoïdes sont amylogènes dans toute leur masse et donnent naissance, de cette manière, à de faux grains d'amidon composés.

Dans le jeune albumen du *Beta trigyna*, les amylogènes sphériques entourent en grand nombre le noyau de la cellule. A un état moins avancé, on trouve le noyau recouvert d'une couche d'un protoplasma doué d'un éclat particulier, dans lequel on voit se séparer de la masse commune des granules brillants qui grossissent et deviennent les corps amylogènes, tandis que la matière qui les empâte perd sa réfringence et prend toutes les propriétés du protoplasma granuleux ordinaire.

Les premiers grains d'amidon paraissent naître dans la partie périphérique, mais bientôt la sphère se trouble par l'apparition d'une multitude de granules qui ne sont autre chose que de l'amidon; la masse du corpuscule amylogène disparaît peu à peu; les grains d'amidon, au contraire, grossissent dans la même mesure, deviennent polyédriques par pression réciproque et constituent les grains composés.

Les jeunes bulbes, encore enfermées dans les feuilles, et les racines du *Phajus grandifolius* renferment d'assez gros grains d'amidon comprimés et trigones, très nettement striés et fortement excentriques (fig. 4, 5, 6 et 7). A l'état jeune ces grains sont fixés par le gros bout à des corpuscules amylogènes en forme de bâtonnets. Les mêmes bâtonnets se trouvent également dans les vieilles cellules épidermiques du bulbe, accumulés autour du noyau, mais privés dans ce cas de grains d'amidon (1).

Dans la racine (fig. 4, 5 et 6), on observe facilement les corpuscules amylogènes avant l'apparition de l'amidon ; d'abord fusiformes (fig. 4), ils prennent peu à peu la forme de bâtonnets et en même temps on voit apparaître à leur surface un, deux ou trois granules amylacés ; à partir du moment où ces derniers ont acquis l'épaisseur du bâtonnet, ils ne s'accroissent plus que dans un seul plan déterminé par le hile et le bâtonnet.

Dans le rhizome du *Canna gigantea* les corpuscules amylogènes renferment un cristalloïde octaédrique ou cubique ; l'amidon naît et s'accroît d'abord comme dans l'*Amomum*, mais bientôt il ne s'allonge plus que dans une seule direction, comme celui du *Phajus*.

On trouve des corpuscules amylogènes semblables privés d'amidon dans certaines cellules de l'écorce.

Tels sont les différents modes de reproduction de l'amidon qu'il m'a été donné d'étudier jusqu'à présent ; pour plus de clarté, il sera bon de les réunir dans un tableau synoptique :

1. Corpuscules amylogènes sphériques.
   a) Ils naissent uniquement dans le protoplasma qui entoure le noyau.
      α Ils engendrent de l'amidon dans toute leur masse (*Colocasia*).
      ϐ Ils engendrent l'amidon dans leurs parties périphériques (*Philodendron, Amomum*).
   b) Ils naissent dans le protoplasma qui entoure le noyau et, en quantité moindre, dans les autres régions du corps protoplasmique.
      α Ils engendrent de l'amidon dans toute leur masse (*Beta trigyna*).
   c) Ils naissent dans tout le protoplasma pariétal.
      α Ils engendrent de l'amidon dans toute leur masse. (Endosperme du *Melandryum*.)
2. Corpuscules amylogènes fusiformes.
   a) Ils ne naissent que dans le protoplasma qui entoure le noyau.
      ϐ Ils engendrent de l'amidon dans leur région périphérique (*Phajus*).
   c) Ils naissent dans tout le protoplasma pariétal.
      α Ils engendrent de l'amidon dans toute leur masse (*Melandryum*).

---

(1) Voyez Gris. *Ann. sc. nat.*, 4° série, t. VII, p. 197, pl. 8, fig. 4.

3. Corpuscules amylogènes d'abord sphériques, ensuite allongés.
    a) Ils ne naissent que dans le protoplasma qui entoure le noyau.
        ϐ Ils engendrent de l'amidon seulement dans leur région périphérique (*Canna gigantea*).

Quoique, dans quelques cas, l'origine des corpuscules amylogènes et même celle des grains d'amidon n'ait pas été observée directement, la forme et la place occupée par ces corps permet de les rattacher à l'un ou à l'autre de ces types.

A côté de l'*Amomum* se rangent d'abord d'autres Scitaminées, telles que le *Thalia setosa*, l'*Elettaria Cardamomum*, le *Costus Malortieanus*, ensuite la pomme de terre, le rhizome de l'*Iris florentina*, le parenchyme médullaire du *Philodendron grandifolium*, les bulbilles du *Ficaria ranunculoides*, le parenchyme cortical du rhizome de divers *Peperomia*, le parenchyme cortical des écailles d'un *Tydœa*, les tubercules du *Dioscorea alata*, la racine du *Gunnera scabra*.

Le type du *Melandryum* est répandu parmi les Caryophyllées.

Au *Canna gigantea* se rattachent d'autres espèces du même genre et peut-être le *Curcuma zedoaria*.

III. — Parmi tous les corps solides contenus dans les cellules, les grains de leucophylle (1) se comparent le mieux, selon moi, aux corpuscules amylogènes. Outre leurs formes, leurs modes de développement présentent plusieurs points communs; ainsi les corpuscules amylogènes de l'endosperme du *Melandryum* se développent à peu près comme les grains de chlorophylle d'un grand nombre de feuilles, tandis que l'origine des corpuscules de l'épiderme du *Philodendron* trouvent leur analogue dans le développement de la chlorophylle de plusieurs tiges, comme celle du *Cereus speciosissimus* et de la feuille du *Vanilla planifolia*. De plus les grains amylogènes engendrent de l'amidon absolument comme la chlorophylle, quoique l'origine chimique de cet hydrate de carbone soit différente dans l'un et l'autre cas, car il est, dit-on, un produit direct de l'assimilation dans la chlorophylle, tandis qu'il n'est, dans les corpuscules amylogènes, qu'un produit de transformation de matériaux élaborés ailleurs.

---

(1) Je préfère ce nom de M. Sachs à celui d'étioline, parce qu'il semble que l'étioline puisse faire défaut dans certains cas.

Les deux mêmes types que j'ai décrits pour la formation de l'amidon dans la chlorophylle se retrouvent également dans les corpuscules amylogènes; ceux-ci, après le développement des grains d'amidon, se comportent exactement comme la chlorophylle.

Ce n'est pas tout. Les corpuscules amylogènes ont la propriété, dans le plus grand nombre de cas, de se transformer en grains de chlorophylle, lorsqu'on les expose à la lumière. Ce phénomène se produit normalement dans le cas d'un organe d'abord enfoncé dans le sol ou caché entre les bases des feuilles, mais exposé à la lumière à un degré de développement plus avancé (feuilles d'Iris, bulbes du *Phajus grandifolius*). Dans d'autres cas on peut le produire artificiellement en exposant à la lumière un organe naturellement placé à l'obscurité (faux grains de chlorophylle de la pomme de terre). Lorsqu'un même organe est en partie exposé à la lumière, en partie soustrait à cet agent, on trouve tous les passages de la chlorophylle véritable aux corpuscules amylogènes. La transformation de ces corps se fait toujours de la même manière. D'abord les corpuscules amylogènes grossissent, l'amidon se redissout en tout ou en partie et en même temps se développe le pigment.

Cependant tous les corpuscules amylogènes ne peuvent pas se transformer ainsi : ceux de l'épiderme du *Philodendron*, par exemple, et ceux de l'endosperme des Caryophyllées sont constamment exposés à une lumière plus ou moins vive sans cependant se transformer en chlorophylle.

La ressemblance des corps en question avec les grains de leucophylle est tellement grande, qu'on est tenté de se demander si ces corps ne sont pas identiques. La seule différence résiderait en effet dans la production de l'amidon qui est non seulement fréquente, mais tout à fait régulière dans les premiers, tandis qu'on ne connaît pas de grains d'étioline amylogènes. Mais cette prétendue différence n'est même pas réelle, car les plantes germées et développées à l'obscurité renferment de l'amidon dans leurs tiges et cet amidon est né dans les grains de leucophylle. (*Hyacinthus*, gaîne des faisceaux, *Begonia cucullata*, tige, *Oxalis Ortgiesii*, tige, *Philodendron grandifolium*, écorce.)

Ces grains de leucophylle sont tous faiblement colorés en jaune ou même incolores; les grains d'amidon naissent dans leur région périphérique. Il faut donc se demander si la propriété de former de l'amidon à l'aide de matériaux déjà élaborés est propre aux grains de leucophylle et disparaît en même temps que la transformation de ces grains en chlorophylle, ou si elle persiste dans ces derniers.

Pour répondre à cette question, j'ai fait séjourner à l'obscurité un pied de *Tradescantia rubella* jusqu'à ce que les grains d'amidon contenus dans la chlorophylle du mésophylle eussent disparu; ce pied fut exposé ensuite à un éclairage insuffisant pour l'assimilation, mais assez intense pour permettre le développement de grains de chlorophylle normaux (1). Dans ces conditions on ne trouva pas d'amidon dans le mésophylle, mais il s'en présenta une grande quantité dans la chlorophylle des gaines des faisceaux et du parenchyme de la tige.

De ces faits il ne faut pas trop se hâter de conclure à un argument contre la théorie de M. Sachs, au contraire; la possibilité de la formation d'amidon dans la chlorophylle de certaines parties de la plante pendant que cette production cesse dans d'autres, semble prouver pour ces derniers l'exactitude de cette théorie, en d'autres termes les grains de chlorophylle de la gaine des faisceaux et de la tige semblent cumuler les fonctions assimilatrices de la chlorophylle avec le pouvoir transformateur des corpuscules amylogènes.

En somme ce travail me paraît prouver qu'il n'existe pas un abîme aussi profond qu'on l'a admis jusqu'à présent entre la production de l'amidon dans des cellules assimilatrices et des cellules non assimilatrices. Dans ces dernières, l'amidon est produit par des corpuscules qui ne sont autre chose que des grains de chlorophylle imparfaitement développés et qui, sous l'influence de la lumière, se colorent communément en vert. D'un autre côté la chlorophylle n'est pas toujours un organe d'assimilation, mais elle forme de l'amidon à l'aide de matériaux déjà élaborés qui lui arrivent d'autre part.

---

(1) Le mésophylle ne produisait plus d'amidon.

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Toutes les figures sont grossies 850 fois.

Fig. 1. Grains de chlorophylle de l'écorce du *Philodendron grandifolium.*

Fig. 2. Gros grains d'amidon dans les cellules âgées du parenchyme médullaire de la tige du *Peperomia stenocarpa : a*, avec un seul grain de chlorophylle, *b*, avec deux grains et deux axes d'accroissement.

Fig. 3. Grains d'amidon âgés avec les corpuscules amylogènes attachés à l'une de leurs extrémités; pris dans le parenchyme médullaire du rhizome de l'*Amomum Cardamomum : a*, frais, *b* et *c*, traités par la teinture d'iode.

Fig. 4-7. Dans le bulbe et la racine du *Phajus grandifolius.*

Fig. 4. Jeunes corpuscules amylogènes réunis autour du noyau.

Fig. 5. Même objet plus âgé; chaque corpuscule amylogène a produit un grain d'amidon.

Fig. 6. Même objet; les corpuscules amylogènes en forme de bâtonnets ont produit des grains d'amidon trigones.

Fig. 7. Grains d'amidon plus gros avec les corpuscules amylogènes.

Fig. 8. Corpuscules amylogènes du jeune bulbe de *Phajus*, réunis autour du noyau.

Fig. 9. Même objet plus âgé.

Fig. 10 et 11. Pris dans l'épiderme de la tige du *Philodendron grandifolium.*

Fig. 10. Jeune cellule avec les corpuscules amylogènes récemment formés.

Fig. 11. *a.* État plus âgé; les corpuscules amylogènes sont recouverts de grains d'amidon; *b.* Deux noyaux à position pariétale, entourés de corpuscules amylogènes.

RECHERCHES

SUR

L'ACCROISSEMENT DES GRAINS D'AMIDON

Par M. A.-F.-W. SCHIMPER (1).

I. — Dans les organes verts en voie d'accroissement, les grains de chlorophylle présentent quelques particularités de structure constantes. Le plus souvent on les trouve aplatis, lobés ou même perforés; leurs grandes faces, fort inégales, paraissent ornées de taches dues simplement à la dispersion des rayons lumineux par les sculptures de la surface, ou, dans beaucoup de cas, par des vacuoles internes. Les recherches dont je publie les résultats ont démontré que ces apparences sont dues à une dissolution partielle de grains, telle qu'on l'observe dans les graines en germination (Maïs); en effet, lorsque l'organe qu'on étudie cesse de s'accroître, les grains d'amidon n'offrent plus le même phénomène. Dans ce cas commence au contraire le développement de l'amidon définitif; il se forme d'une part des grains nouveaux, sphériques; d'autre part, ceux qui existent déjà subissent un nouvel accroissement, mais au lieu de s'opérer à l'intérieur du grain, comme on aurait pu le croire, il commence par l'apparition d'une membrane superficielle brillante, réfringente, d'abord très mince, mais augmentant peu à peu d'épaisseur autour du grain primitif corrodé.

Cette nouvelle couche n'est pas corrodée elle-même, mais elle porte l'impression des corrosions des grains primaires, de manière pourtant à effacer peu à peu les inégalités de la surface, quoiqu'on puisse toujours reconnaître à travers les strates d'épaississement les traces de la corrosion des grains primitifs.

Tous ces faits ont été observés sur les plantes les plus variées. On peut recommander à ce sujet les cotylédons de quelques graines de légumineuses, notamment de celles des *Dolichos Lablab*, du *Vicia Faba* et du *Phaseolus*.

---

(1) Traduction résumée d'un mémoire publié dans le *Botanische Zeitung*, 1881.

La moelle du *Cereus speciosissimus* se charge également, souvent même immédiatement au-dessous du point végétatif, de petits grains d'amidon tabulaires et anguleux qui naissent isolément ou par plusieurs dans les grains de chlorophylle réunis autour du noyau de la cellule. Ces grains sont nettement quoique faiblement corrodés ; ils commencent à s'épaissir au moment où la matière chlorophyllienne disparaît et au centre du grain adulte on reconnaît, comme dans le *Dolichos*, le grain primordial corrodé.

Il est donc évident que M. Nägeli se trompe en disant que la partie interne du grain d'amidon est la plus jeune ; c'est le contraire qui est la vérité.

L'histoire des développements du grain d'amidon révèle encore plusieurs autres faits en contradiction avec la théorie de M. Nägeli ; les grains du *Dieffenbachia* (1) *seguina*, qui, en contact avec un second corpuscule chlorophyllien, se revêtent d'un nouveau système de couches.

Nous nous bornerons, dans ce travail, à examiner les différentes propriétés du grain d'amidon qui ont été considérées comme les preuves de leur accroissement par intussusception. Ces propriétés sont :

1. La différenciation en couches d'hydratation différente.
2. La différence, au point de vue de l'hydratation et même de la forme entre les petits grains et la partie centrale des grains plus volumineux.
3. La croissance inégale en différents sens.
4. Le mode d'accroissement des grains composés et des grains semi-composés.

On pourrait être tenté d'admettre, comme M. Dippel l'a fait pour la membrane cellulaire, un accroissement par intussusception des couches formées par apposition, mais si tel était le cas, le grain primitif perdrait nécessairement sa structure. Nous allons voir d'ailleurs que toutes les particularités de l'amidon peuvent s'expliquer sans le secours de l'intussusception.

---

(1) Voyez le mémoire précédent.

On objectera peut-être aux tendances de ce mémoire, que la membrane cellulaire s'accroît indubitablement par intussusception et que l'amidon dont l'organisation est si semblable à celle de la membrane cellulosienne doit se comporter de la même manière; cependant les recherches bien connues de MM. Sachs, Traube, de Vries sur le rôle de la turgescence des cellules dans l'accroissement de leurs membranes, enlèvent à cette hypothèse leur appui le plus solide; en effet, par la turgescence, la membrane est constamment distendue au delà du degré de l'élasticité, et les interstices ainsi formés sont incessamment remplis par de nouvelles molécules solides. L'accroissement en surface et en épaisseur de ces membranes doit donc être ramené à des causes différentes; en d'autres termes, de ce que l'accroissement en surface s'accomplit par intussusception, on ne peut nullement conclure qu'il en est de même pour l'accroissement en épaisseur, et surtout qu'il en est de même pour les grains d'amidon dans lesquels il ne saurait être question de turgescence.

II. — Dans toute la théorie de M. Nägeli, la partie la plus ingénieuse est certainement celle qui traite du développement du noyau et des couches successives du grain simple.

L'opposition entre le noyau formé par une substance molle et le grain complet, de même forme, constitué au contraire par une masse dense, la présence, à la surface du grain, d'une couche constamment pauvre en eau, tandis que dans le cas de l'apposition on devrait trouver les grains limités tantôt par une couche dense, tantôt par une couche moins dense, tous ces faits qui s'expliquent aisément quand on admet l'intussusception, ne paraissent pas s'accorder avec la théorie de l'apposition.

Il me paraît utile de faire précéder mes propres recherches d'un résumé des idées de M. Nägeli au sujet de la différenciation du grain d'amidon en noyau et en couches, telles que cet auteur les expose dans son grand traité.

« Au début, tous les grains d'amidon sont sphériques et formés par une substance dense ; dans tous, on voit se séparer bientôt un noyau plus mou, qui s'accroît et se sépare de nouveau en un petit noyau sphérique, une couche moyenne dense et une externe molle. Ce phénomène peut se répéter une ou plusieurs fois. Plus rarement on trouve au milieu du gros grain mou un petit nœud sphérique dense. L'écorce, ainsi que les couches périphériques du noyau central se partagent à plusieurs reprises concentriquement, après avoir pris un certain accroissement en épaisseur.

« Ordinairement chacune d'elles forme ainsi une couche molle séparant deux denses, plus rarement une couche dense séparant deux molles. En même temps, toute la substance se condense, surtout dans les parties molles, lorsque les strates denses sont très riches en substance ; lorsqu'il y a si peu de différence entre les deux espèces de couches que le grain paraît homogène, ce sont les parties denses qui se condensent encore.

« Voici comment M. Nägeli explique ces faits : Imaginons un jeune grain d'amidon formé par des couches concentriques de molécules semblables et voyons ce qui se passe lorsqu'un liquide nourricier lui amène de nouveaux matériaux ; les premières molécules nouvelles se déposeront dans les différentes couches et les font accroître en surface ; elles éprouveraient, en effet, une résistance plus grande, si elles se plaçaient entre les couches successives. Admettons que ces couches s'accroissent toutes en même temps et de la même quantité relative, il s'en suivra que deux d'entre elles, juxtaposées, tendront à se séparer, car le rayon de l'externe s'allongera plus que celui de l'interne ; or cette séparation ne pouvant pas s'effectuer, il s'établit une tension dans chacune des deux couches : positive, de contraction pour l'externe, négative ou d'expansion pour l'autre. Il est évident que toutes les tensions positives diminuent et que les tensions négatives augmentent de la surface au centre. Mais la solution nourricière, déjà dépouillée d'une partie de principes dans les couches externes, arrive au centre avec un degré de concentration moindre, et la tension est plus forte à la surface, mieux nourrie, que dans les parties profondes. Certains faits démontrent la tension plus forte des strates extérieurs.

« Arrivée à un certain degré d'intensité, cette tension amène réellement la séparation de deux couches contiguës ; un nouveau strate se dépose aussitôt dans l'interstice ; ce phénomène doit se présenter le plus facilement là où la tension des couches arrive le plus aisément à vaincre l'adhésion ; celle-ci est d'ailleurs proportionnelle à la surface des couches moléculaires. La tension elle-même est avant tout une force superficielle ; il s'agit donc de savoir comment elle se transforme en force radiale ou séparatrice. Le calcul établit 1° que la force radiale qui fait équilibre à la tension superficielle de manteaux sphériques ou cylindriques de même épaisseur et de même nature, mais de grandeur variable, est inversement proportionnelle à la longueur du rayon ; 2° que la force qui tend à séparer deux manteaux sphériques ou cylindriques contigus, de même épaisseur et de même élasticité, et qui s'accroissent d'une manière uniforme en surface, est inversement proportionnelle au carré du rayon : la séparation s'effectuera donc plus facilement au centre qu'à la surface....

» Plus le jeune grain s'accroît, et plus la différence de densité et de cohésion à la surface et au centre s'accentue et plus la tension négative augmente dans la masse interne, en même temps que l'introduction de substance nouvelle dans cette région. C'est ainsi qu'il se forme au centre du grain une cavité remplie de matière molle, le noyau ou le hile. Le même phénomène se répète pour les assises externes ; elles se séparent, et entre elles vient se déposer une matière plus molle. »

Plus loin le même auteur essaye d'expliquer l'apparition de couches denses au milieu d'une masse molle ainsi que le durcissement des couches molles dans toute leur épaisseur. Mais, comme il m'a été impossible de bien comprendre ses raisonnements, je me vois obligé de renvoyer le lecteur à l'original (1). Quelques-uns des moments considérés comme bien observés par M. Nägeli ne sont cependant que des hypothèses admises pour les besoins de sa cause et rendues vraisemblables par ses théories : ce sont 1° l'apparition de nouvelles couches dans le noyau; 2° celle de couches denses dans l'épaisseur des molles; 3° la condensation uniforme des couches molles dans toute leur épaisseur; 4° l'absence de tout accroissement en épaisseur des couches externes. L'observation n'a pu établir aucun de ces points; elle n'eût pu le faire que dans le cas d'un grain d'amidon s'accroissant sous les yeux de l'observateur ou d'un mode d'accroissement tellement régulier, que la comparaison de grains pris à des états de développements divers eût permis de reconstituer l'histoire de cet accroissement.

M. Nägeli lui-même avoue qu'il n'a pas observé avec certitude l'apparition d'une couche dense au milieu d'une couche molle; il croit que ce cas est très rare. De même l'apparition de couches denses dans le noyau n'a été observée que fort imparfaitement.

Il faut dire cependant que les faits les plus importants sur lesquels s'appuie la théorie de M. Nägeli sont parfaitement acquis. Le développement d'un grain d'amidon peut se résumer dans les propositions suivantes :

1° Les grains apparaissent sous la forme de corpuscules réfringents et denses (nullement sphériques dans tous les cas, comme le dit M. Nägeli).

2° Différenciation de ce grain primitif en une masse centrale molle et une couche superficielle dense.

3° Plus tard le noyau est entouré de trois couches dont la moyenne est toujours riche en eau. Jamais on ne trouve une couche très hydratée à la surface; elle ne peut donc se former que par la scission de la première couche dense.

4° Le nombre des couches s'accroît, mais l'externe est toujours dense.

---

(1) Nægeli. *Die Stärkekörner*, pages 230, 289, 234.

5° Avec le volume du grain tout entier, s'accroît aussi la teneur en eau des parties centrales.

Ces phénomènes s'expliquent, selon moi, par les propriétés physiques du grain d'amidon, connues depuis longtemps et que je vais rappeler brièvement.

Lorsqu'on écrase un grain d'amidon, on voit se produire des fentes radiales nombreuses, mais jamais de fente dans le sens de la stratification. Écrasé avec précaution dans l'eau, il prend une forme aplatie divisée imparfaitement par des fentes radiales. Sa cohésion est donc très différente selon le sens; elle est très faible dans le sens tangentiel, mais très forte dans le sens radial; la substance est ductile dans le sens radial, tandis que cette propriété paraît faire défaut dans le sens tangentiel.

En même temps, ces grains écrasés se gonflent en absorbant de l'eau. Ce gonflement à la suite d'une action mécanique a été observé déjà par MM. Nägeli et Schwendener (1), et d'après M. Nägeli (2) il faudrait le considérer comme le commencement d'une transformation en empois. Une compression faible ne provoque que le gonflement des parties internes du grain, tandis qu'il faut une action énergique pour observer la même transformation des couches périphériques. Il est donc bien certain que les actions mécaniques peuvent donner aux parties denses et réfringentes du grain d'amidon les propriétés qui sont caractéristiques pour leurs parties les plus hydratées, leur richesse en eau et leur faible réfringence.

Si l'on parvenait à démontrer que pendant l'apposition d'une couche externe, il se développe des forces capables d'amener cette transformation dans certaines parties du grain de manière à produire cette différenciation connue, on pourrait considérer la question comme résolue.

Études d'abord les causes de ces tensions que M. Nägeli considère comme devant déterminer l'apparition de la stratification du grain. On sait depuis longtemps que l'amidon se gonfle dans l'eau, mais M. Nägeli, le premier, a montré que l'emmagasinement de l'eau n'est pas le même dans toutes les directions, qu'il est beaucoup plus fort parallèlement à la stratification due dans le sens du rayon, ainsi que le prouvent les fentes radiales du grain desséché. Ce fait apparaît encore avec la plus grande netteté quand on fait plus fortement gonfler l'amidon dans l'eau chaude, dans un acide ou dans la potasse; on voit alors que le maximum du gonflement a lieu parallèlement aux strates et le minimum perpendiculairement à cette direction; ces différences ont même été démontrées par M. Nägeli à l'aide de mesures directes faites sur l'amidon du *Canna* et du *Curcuma Zedoaria* (1).

---

(1) *Das Microscop*, 2ᵉ éd., p. 43.

(2) *Beiträge zur näheren Kenntniss der Stärkegruppe*, p. 25.

Lorsque, d'un coup de rasoir, on réussit à couper un grain d'amidon, la surface de la section devient nettement concave: conséquence du gonflement prépondérant dans le sens transversal. Ce gonflement inégal cause nécessairement des tensions dans les diverses couches du grain d'amidon; si ces couches étaient faiblement unies, elles se sépareraient en se gonflant, mais elles adhèrent réellement, et de cette manière la tension conservée est positive dans chaque assise relativement à celle qui la suit de dehors en dedans.

Lorsque ces tensions dépassent la limite d'élasticité, il ne se produit pas, comme M. Nägeli l'admet, une déchirure tangentielle, car nous avons vu que la compression peut étendre le grain au point d'en doubler et tripler le diamètre, mais il en résulte une traction radiale qui transforme les parties réfringentes du grain en parties molles et peu réfringentes. Le noyau du grain, et les couches molles apparaissent en effet là où ces tractions doivent intervenir.

D'après ces considérations le grain d'amidon se forme de la manière suivante. Au début, sa substance est homogène et dense, elle absorbe de l'eau, se gonfle, sa tension augmente jusqu'à atteindre la limite d'élasticité; alors la partie centrale étirée se gonfle, en perdant sa réfringence première, en même temps les tensions diminuent, mais bientôt elles redoublent d'intensité par suite de l'apposition de nouvelles molécules, la couche externe, loin de se déchirer tangentiellement, est tiraillée dans sa région moyenne qui absorbe de l'eau, et constitue une assise pâle comprise entre deux assises brillantes, et ainsi de suite. Les parties internes en bloc sont constamment et de plus en plus tiraillées par les parties environnantes, leur capacité pour l'eau augmente, et c'est pour cette raison que les parties internes du grain résistent moins bien au gonflement et aux dissolvants que les externes.

---

(1) *L. c.*, p. 76.

La différenciation du grain d'amidon en couches alternativement riches et pauvres en eau, loin de nécessiter l'admission de la théorie de l'intussusception, est une conséquence nécessaire de certaines propriétés physiques de cette matière.

III. — L'accroissement inégal d'un grand nombre de grains d'amidon serait, d'après M. Nägeli, inconciliable avec la théorie de l'apposition. L'explication qu'il donne lui-même de ce phénomène est assez incertaine; il trouve que la quantité de substance introduite dans les différentes parties du grain, varie avec la cohésion moléculaire dans cette même partie; quant aux causes de ces inégalités si régulières dans certaines plantes que la forme du grain d'amidon y est constante et si régulièrement absentes dans d'autres, la théorie de l'intussusception reste muette à cet égard. M. Nägeli admet des causes internes et croit devoir admettre dans le très petit grain primitif la forme virtuelle du grain adulte. Le mode d'accroissement des grains serait absolument indépendant des circonstances extérieures; celles-ci ne pourraient déterminer que la direction du plus fort et du plus faible accroissement. Les grains excentriques croîtraient le plus fortement là où ils reçoivent la solution la plus étendue.

En réalité, la forme du grain d'amidon dépend en première ligne de son mode de nutrition, ainsi que je l'ai montré dans le précédent mémoire; on obtient des grains sphériques (centriques), lorsqu'ils sont complètement entourés de plasma amylogène, tandis que les grains excentriques se montrent à la périphérie des centres de formation et subissent leur plus fort accroissement au point de contact avec l'amylogène.

Les grains plats à noyau central naissent dans des grains de chlorophylle lenticulaires, et leurs faces sont parallèles à celles du corps chlorophyllien; les grains allongés du haricot et de quelques autres Papilionacées prennent naissance dans des grains de chlorophylle fusiformes et leur grand axe est parallèle à celui de ce dernier.

Les grains plats et excentriques enfin (*Canna*, *Phajus*) se nourrissent par un foyer de formation placé le long de leur arête postérieure. Toutes ces différences peuvent s'expliquer par une nutrition inégale. Les grains excentriques s'accroissent, il est vrai, dans toutes leurs parties, mais l'accroissement le plus intense a lieu au contact du corps amylogène; à partir de ce point, il diminue rapidement pour devenir presque nul à l'extrémité antérieure.

Il est évident que l'espace extrêmement petit compris entre l'amidon et l'amylogène se remplit par capillarité d'une solution nourricière émanant du corps amylogène; d'autre part, le grain tout entier est logé dans du protoplasma, très dense, comme l'on sait, au contact même de l'amidon; de deux choses l'une : la capillarité est capable de soustraire de l'eau au plasma pour entourer le grain d'une couche liquide dans laquelle se diffuse la solution nourricière, ou cette soustraction n'a pas lieu, et alors, c'est la solution nourricière elle-même qui s'infiltre autour du grain; dans l'un et l'autre cas, la nutrition doit être d'autant plus faible qu'on s'éloigne davantage du corps amylogène, et on voit qu'il n'est pas nécessaire d'avoir recours à l'intussusception pour expliquer l'accroissement du grain.

IV. — Quant aux grains composés et semi-composés, on sait qu'ils ont fourni à M. Nägeli plusieurs arguments en faveur de sa théorie. Voici les faits qui, selon lui, ne peuvent s'accorder avec l'accroissement par apposition :

1° La différence de forme entre les granules composants et les grains d'amidons simples de même volume; les premiers sont hémisphériques, anguleux, tabulaires, allongés, tandis que les seconds sont sphériques. On ne peut admettre la formation des grains composés par la soudure de petits grains aplatis par pression réciproque, car tous ces grains flottent librement dans un liquide;

2° Lorsque les grains composants sont pourvus de hiles excentriques, ils se touchent toujours par les gros bouts;

3° L'existence de fentes qui n'ont pu se former qu'après coup, et par conséquent par un accroissement interne;

4° Les granules composants des grains semi-composés consistent toujours en substance riche en eau, tandis que les grains simples de même taille sont denses et réfringents.

La théorie de l'intussusception prétend bien expliquer ces faits, mais ces explications ne me paraissent pas bien claires.

Il n'est point du tout démontré que les grains composés naissent par division et non par la soudure d'un certain nombre de grains simples; s'il est bien évident que la forme polyédrique ne saurait être produite par la pression réciproque, il faut reconnaître pourtant que le même phénomène se produit pour des corps qui s'accroissent évidemment par apposition, par exemple les sphérocristaux d'inuline; l'aplatissement se produit pour cette simple raison que l'apposition cesse là où deux grains se touchent.

Quant à la mollesse des grains composants, elle est une suite de la traction qui s'exerce sur les parties internes du grain, et les fentes se forment précisément de la même manière.

Il paraît bien plus difficile, au premier abord, de réfuter l'argument que M. Nägeli tire de la position superficielle des hiles dans les grains semi-composés. J'ai suivi le développement de ces grains dans le rhizome du *Canna*, où ils sont très fréquents.

Dans le voisinage du point végétatif on trouve souvent de petits groupes de deux, trois ou plus rarement plusieurs grains appliqués sur le même corpuscule amylogène; plus bas, ces groupes sont recouverts de couches communes et transformées en grains à deux ou plusieurs hiles; mais contrairement à ce qu'avance M. Nägeli, la ligne du plus fort accroissement est perpendiculaire à celle qui joint les deux hiles; elle est, en outre, conforme à la position de l'amylogène.

D'après M. Nägeli, les grains volumineux contenant deux hiles rapprochés commencent à diviser leur noyau, mais il ne dit nulle part sur quoi il appuie cette hypothèse.

On trouve quelquefois dans la même plante des formes à noyaux écartés et même de celles dont la ligne du plus fort accroissement coïncide avec celle qui joint les deux hiles; ces cas s'expliquent aisément par la position variable de deux grains primitifs sur le même corpuscule amylogène ou par la fusion de deux de ces corpuscules d'abord distincts.

Les mêmes particularités se rencontrent dans le *Cereus speciosissimus*, où les deux granules primitifs corrodés, enveloppés dans un même complexus de couches secondaires, démontrent nettement la fusion de deux grains en un seul. Dans la pomme de terre, où les deux hiles du grain semi-composé sont opposés, l'origine est plus difficile à poursuivre, parce qu'on ne trouve pas réunis les différents stades du développement. J'ai montré précédemment que les corps amylogènes engendrent souvent des grains d'amidon en plusieurs points de leur surface; quand deux de ces grains sont opposés, ils se regardent par les gros bouts, et, par la suite de l'accroissement, l'amylogène se comprime et finit par disparaître laissant un grain d'amidon composé à hiles opposés. L'*Iris florentina* peut servir à démontrer ce fait. Quelques préparations tirées de la pomme de terre font croire que les choses s'y passent exactement de la même manière. Dans le *Canna*, où l'amylogène affecte la forme de bâtonnets, tous les grains d'amidon se trouvent placés du même côté, et c'est pour cette raison que dans cette plante les hiles sont rapprochés dans le grain composé.

On voit donc que tous les faits invoqués par M. Nägeli en faveur de sa théorie s'expliquent par l'apposition tandis que d'autres ne peuvent s'accorder avec cette théorie. Les grains d'amidon n'ont pas une structure semblable à celle du protoplasma. Il reste à voir dans quel corps il faudra les ranger.

V. — Les grains d'amidon ne présentent aucun caractère qui permette de leur attribuer une constitution physique différente de celle des autres corps inertes ; parmi les corps amorphes aussi bien que parmi les cristaux, nous trouvons des matières gonflables. Les travaux de M. Schmiedeberg (1), de M. Drechsel (2) et les miens (3) nous ont appris que les cristalloïdes protéiques, si semblables aux grains d'amidon, peuvent être obtenus artificiellement et qu'ils ne sont que la forme cristalline des matières albuminoïdes. Il s'agit donc de voir si l'amidon est un corps amorphe ou cristallin. Les critériums les plus sûrs qui distinguent ces deux catégories sont la cohésion et les propriétés optiques.

Nous avons vu que les grains d'amidon comprimés se fendillent dans le sens du rayon, jamais dans le sens transversal ; jamais on n'a vu cette différence de cohésion dans un corps amorphe, la disposition irrégulière des molécules est, en effet, l'essence même de leur nature. Lorsqu'on écrase un crista fibreux, il se divise parallèlement à ses fibres. L'amidon se comporte exactement comme un sphéro-cristal fibreux. Ces vues sont tout à fait d'accord avec ses propriétés optiques dues à la structure cristalline et non, comme on l'a souvent dit, à la tension de la matière. M. Nägeli a déjà fait voir que la tension ne saurait causer la biréfringence des grains d'amidon ; car, dit-il, les morceaux d'un grain coupé ne perdent pas cette qualité ; cette conclusion n'est cependant pas légitime, car l'alun, par exemple, qui est certainement biréfringent par tension, persiste dans cet état quand on le réduit en fragment (4). M. Reusch (5) a pu réduire à volonté ou même faire disparaître la biréfringence de l'alun par la compression ou par la traction. J'ai tenté d'appliquer le même procédé à l'amidon. En traitant les grains par de la potasse très diluée j'ai fait gonfler leur partie interne ; la tension devait donc diminuer dans les parties externes ; mais on n'a pu observer aucun changement dans leurs propriétés optiques. La position de la figure d'interférence dans la lumière polarisée parallèle est la même que dans un corps cristallin fibreux dont les éléments monaxes ou rhombiques seraient placés perpendiculairement aux couches. M. Bailey est déjà arrivé à la même conclusion (1). Quand Mohl dit (2) que les branches de la croix d'interférence sont toujours perpendiculaires aux strates, il n'a raison que pour les grains parfaitement sphériques. Dans les grains fortement excentriques les branches coupent les strates dans un angle souvent très aigu.

---

(1) *Zeitschrift für phys. Chemie.*, vol. I.

(2) *Journal für prakt.*, *Chemie*. t. XIV.

(3) *Untersuch. über die Proteincrystalloïde der Pflanzen. J. Diss.*

(4) Marbach. *Pogg. Annalen*, t. 94.

(5) *Monatsb. der Berliner Akad.*, 1867 et *Ann. de Poggendorff*, t. 132.

Les grains d'amidon ne diffèrent des sphéro-cristaux ordinaires que par la propriété qu'ils ont de se gonfler. Ce sont donc de vrais cristalloïdes qui représentent la forme cristallisée des corps ($C^6H^{10}O^5$). On peut se demander pourquoi l'amidon cristallise toujours en sphéro-cristaux, jamais en cristaux simples. Les facteurs qui déterminent ce mode de cristallisation sont : la faible solubilité, la faible force de cristallisation et la viscosité de la solution. Une seule de ces conditions suffisant à la formation de ces cristaux, il est difficile de dire laquelle intervient dans le cas de l'amidon. On ne se tromperait guère cependant en admettant que toutes les trois sont remplies.

---

(1) *Philosophical Magaz.*, 1876.

(2) *Bot. Zeit.*, 1858.

RECHERCHES

SUR

LE PASSAGE DE LA RACINE A LA TIGE

Par R. GÉRARD,

Maître de conférences à l'École supérieure de pharmacie de Paris.

I. — INTRODUCTION

On connaît aujourd'hui d'une façon suffisamment complète la structure de la tige et de la racine chez les plantes vasculaires. Il est inutile d'exposer en détail l'évolution historique de cette question. Depuis que l'anatomie et l'histologie végétales ont fait l'objet d'études attentives, un grand nombre de savants ont analysé successivement tous les points de l'organisation de ces organes. Toutes ces recherches devaient avoir pour couronnement les beaux travaux synthétiques de MM. Nægeli, Mohl, Trécul, Van Tieghem.

En résumé, l'on sait aujourd'hui que chacun de ces deux organes possède en naissant ses caractères distinctifs. Le point végétatif de la racine donne naissance à une pilorhize, à un cylindre cortical *épais*, à un cylindre central *étroit;* le point végétatif de la tige ne produit pas de pilorhize, la puissance relative des deux cylindres est inverse : le cylindre cortical a peu d'épaisseur, le cylindre central est large. L'accroissement de la racine est surtout terminal, celui de la tige intercalaire.

Dans la tige comme dans la racine, le cylindre cortical est composé d'un tissu uniforme limité intérieurement par l'*assise protectrice*. Le cylindre central présente, au contraire, des éléments différents : extérieurement le *péricambium;* intérieurement deux autres tissus : l'un formé de cellules courtes (*tissu conjonctif*), l'autre composé d'éléments allongés et étroits, rassemblés en groupes appuyés normalement sur le péricambium. Ces groupes isolés entre eux par le tissu conjonctif (*moelle, rayons médullaires primaires*), premiers indices des tissus conducteurs des deux sèves constituent à cette période le *procambium.*

Mais ce procambium ne représente qu'un état transitoire. Ses éléments, riches en matières nutritives, deviennent le siège de phénomènes vitaux énergiques ; modifiant leur paroi, leur contenu, les unes deviennent des trachées, éléments fondamentaux du bois ; les autres des cellules grillagées, éléments essentiels du liber. Les voies des deux sèves sont tracées.

Bien que ces phénomènes se produisent simultanément dans la tige et dans la racine, l'ordre de leur production est différent et caractéristique de chaque organe. Dans la racine, chacun des amas de procambium se transformera totalement en bois ou totalement en liber, mais avec un ordre parfait : les masses ligneuses alterneront avec les masses libériennes. Dans la tige, chacun des faisceaux procambiaux forme en même temps du bois et du liber. Les faisceaux qui étaient entièrement ligneux ou libériens dans le premier cas, sont libéro-ligneux dans le second. Ce fait est général.

Mais la différenciation va plus loin. Quel que soit l'embranchement auquel appartienne le végétal considéré, la transformation du procambium ne se fait pas simultanément en tous ses points. Dans la racine, le premier élément modifié est toujours le plus rapproché du cylindre cortical, les autres se développent successivement en direction radiale en se rapprochant du centre : *la formation est centripète.* Pour la tige des Phanérogames et des Équisétacées, c'est dans un ordre inverse que se forme le bois (le liber suit la même marche que dans la racine) : le premier élément caractérisé est le plus rapproché du centre de l'organe ; ceux qui suivent en sont de plus en plus éloignés : *le développement est centrifuge.*

Dans les autres Cryptogames vasculaires le mode de développement des faisceaux de la tige est encore tout autre que celui de la racine. Les caractères tirés de l'ordre de développement des éléments des tissus conducteurs peuvent donc être invoqués pour caractériser la tige et la racine dans tous les végétaux vasculaires.

Ces formations sont dites primaires. Après l'organisation du procambium, le végétal subit d'autres modifications. Ce sont ou bien des changements qui intéressent individuellement chaque cellule, comme l'épaississement, la transformation de la paroi, auquel cas la disposition et la position relatives des éléments ne change pas ; ou bien il se produit, aux dépens des tissus formés au début, des cellules génératrices destinées à reproduire, pendant un temps plus ou moins limité, des éléments identiques aux premiers (bois, liber, tissu conjonctif), ou même à créer des tissus nouveaux (liège). Ce sont là les formations secondaires.

A part la formation aléatoire et toujours peu importante du suber et les modifications histologiques, l'axe des Monocotylédones et des Cryptogames vasculaires conserve le faciès primaire. Il n'en est plus de même chez les Dicotylédones où, sous l'influence du cambium produisant rapidement et d'une façon continue dans le cylindre de la tige et de la racine de nouveau bois, de nouveau liber, de nouveau tissu conjonctif, le volume du cylindre central a bientôt dépassé de beaucoup celui du cylindre cortical. Un des caractères différentiels de nos deux organes s'efface, et cela si bien que, récemment encore, dans l'ignorance complète où l'on était de la structure primaire de la racine des Dicotylédones, on ne trouvait comme caractère distinctif de la racine que l'absence de moelle, caractère reconnu depuis des plus fallacieux.

Tel est l'état de nos connaissances touchant la structure de l'axe.

Quelque rapide et insuffisant que soit cet aperçu, il me permettra, je l'espère, de tirer ces conclusions : 1° Que la racine et la tige possèdent dès leur jeune âge une structure propre caractéristique ; 2° Que ces caractères, loin de s'accentuer avec l'âge, s'effacent plutôt par l'apparition d'éléments nouveaux; conséquemment : si l'on veut avoir une idée plus nette de l'organisation de ces organes, il faut les prendre à l'état primaire.

Ces préliminaires posés, comment se comportent les éléments de la tige et ceux de la racine en leur point de contact? Comment les formations centripètes de la racine se mettent-elles en relation avec les formations centrifuges de la tige? Le changement d'épiderme considéré jusqu'à présent comme la limite externe coïncide-t-il avec la limite interne? Comment s'opère le passage entre les deux parties.

C'est ce point peu connu de l'histoire de l'axe qui fait l'objet de ce mémoire.

Le sujet n'est pas entièrement neuf; il a été abordé par quelques naturalistes, mais les résultats obtenus sont fondés sur l'étude d'un trop petit nombre de plantes pour être considérés comme suffisamment établis. Il faut avoir réuni un grand nombre d'exemples pour saisir les faits généraux au milieu des faits particuliers qui, pris dans un petit nombre de cas, peuvent souvent acquérir une valeur qu'ils n'ont pas.

C'est avec cette idée que j'ai entrepris ce travail; non seulement j'ai étudié un grand nombre de Dicotylédones, mais j'ai abordé les Monocotylédones et les Cryptogames vasculaires, ce qui n'avait pas été fait jusqu'alors.

II. — HISTORIQUE

On peut diviser l'histoire de la délimitation de la tige et de la racine en deux époques. Dans la première, les caractères sont entièrement tirés de la morphologie de la plante et de la croissance en sens opposé de ses parties axiles; dans la seconde, on s'appuie davantage sur les caractères anatomiques.

Primitivement, la limite des deux organes était un plan formant la base de deux systèmes coniques opposés : l'un ascendant la tige, l'autre descendant la racine. On donne à ce plan le nom de *Collet, collum*. Il a aussi reçu ceux de *nœud vital* (de Lamarck) et de mésophyte (Germain de Saint-Pierre). Ce dernier auteur donnant le nom de nœud vital au point où s'insère la gemmule.

Lamarck (1) donne le nom de « *Collet de la racine* à l'extrémité supérieure de la racine des plantes, c'est-à-dire à la partie de la racine qui est réunie avec la tige lorsque le végétal en est pourvu. Dans les plantes sans tige, les feuilles et les pédoncules des fleurs naissent immédiatement du collet de la racine. »

Aug.-Pyr. de Candolle revient à deux fois sur le collet. Il l'envisage comme une ligne horizontale « dont la vraie place doit être celle où l'on remarque ce changement mystérieux de direction ascendante et descendante (2) ». Plus explicite ensuite (3) : « ... Le collet et l'origine des cotylédons sont deux points fort distincts; le collet est toujours situé plus bas, mais à une distance variable des cotylédons. » Il avoue qu'il n'y a presque jamais à l'extérieur un signe visible de ce changement de nature. Il ajoute : « Il ne faut pas accorder une importance exagérée à ce collet, partie mystérieuse de l'organisation qui est plutôt la juxtaposition de deux organes qu'il n'est un organe proprement dit. » Meyen (4) a adopté cette opinion.

Aug. de Saint-Hilaire (5) exprime les mêmes idées. Il regarde le collet non comme un organe, mais comme la limite de deux organes, limite sans épaisseur, véritable plan géométrique. Quant à la situation de ce plan, il s'exprime ainsi : « Quelquefois le collet se reconnaît, surtout dans la jeunesse de la plante, à une différence de grosseur entre la tige et la racine; mais plus souvent il est impossible de déterminer avec une parfaite précision où il se trouve placé. Cependant, quand il existe des organes foliacés souterrains, nous pouvons dire avec certitude que le collet est aussi caché sous terre, car il est inférieur à ces organes. Il ne faut pas croire que ce point se trouve placé immédiatement au-dessous des cotylédons ; souvent il existe plus bas que ceux-ci un espace assez considérable qui appartient au système supérieur. »

---

(1) *Encyclopédie méthodique. — Botanique*, par M. le chevalier de Lamarck, 1786. Art. Collet.

(2) *Mémoire sur les Légumineuses*, par Aug. Pyr. de Gandolle, t. II, p. 55 et 65.

(3) *Physiologie végétale*, par Aug.-Pyr. de Candolle, t. II, p. 663.

(4) *Pflanzen Physiologie*, III, p. 346.

(5) *Leçons de botanique*, contenant principalement la morphologie végétale, 1840, p. 27 et 77.

Cette manière de voir a eu longtemps cours dans la science et récemment encore elle était professée. Elle était fondée sur l'accroissement brusque du diamètre de l'axe au point de jonction, accroissement qui ne se produit que chez un petit nombre de végétaux, et sur le changement d'épiderme qui donne à la partie supérieure de l'axe hypocotylé un aspect lisse et brillant, comme si elle était recouverte d'un vernis, la partie inférieure étant toujours terne et mate.

Gærtner, L.-C. Richard, Correa, Poiteau, Mirbel (1) et A. Richard regardaient le point d'attache des cotylédons comme le collet. Tout ce qui se trouvait au-dessous appartenait à la racine. Par contre, l'on a donné parfois le nom de collet à la radicule (2).

M. Clos (3), le premier, en 1849, rejette l'idée d'une séparation nette des deux organes. Pour lui le collet ne serait plus un plan, mais occuperait « toute la portion de l'axe comprise entre les cotylédons d'une part, et la base de la racine désignée elle-même par le lieu où commencent à se montrer les rangs réguliers et symétriques des radicelles. Cette nouvelle définition du collet s'appuie sur ce qu'on peut lui assigner des caractères parfaitement tranchés, tirés de sa conformation extérieure, et souvent aussi de son organisation interne. Il se distingue en effet de la souche par l'absence des radicelles, ou lorsqu'il présente des racines adventives, ce qui est rare, leur distribution est irrégulière, ou bien autre que celle qu'affectent les radicelles sur le corps de la racine. Il diffère de la tige par le manque de feuilles et de nœuds symétriquement agencés ; enfin, de toutes deux par l'anatomie. Car si M. Hugo von Mohl a prouvé que les vaisseaux de la tige traversent le collet, tel que l'entend de Candolle, sans éprouver d'interruption, il n'est pas moins vrai que c'est dans le collet (tel que nous l'avons défini) que commence la moelle. C'est aussi dans le collet que les faisceaux fibro-vasculaires descendent de la tige, s'unissent de diverses manières et subissent les modifications qui doivent déterminer pour la racine tel ou tel type rhizotaxique. Aussi le collet, en tant qu'organe intermédiaire, participe davantage tantôt de l'anatomie de la souche, tantôt de celle du premier entre-nœud de la tige, et quelquefois enfin il a des caractères anatomiques tout à fait spéciaux..... Sa longueur est variable, même dans la même famille, ainsi, dans les Légumineuses, les genres Phaseolus, Dolichos, Lupinus, ont un long collet; tandis qu'il est très court dans les Faba, Vicia Pisum, Medicago. »

---

(1) D'après de Candolle, *loc. cit.*

(2) Cauvet, *Nouveaux éléments d'histoire naturelle médicale*, 1869, t. I, p. 424.

(3) Clos. Du collet dans les plantes, etc. *Ann. sc. nat. Botanique*, série 3, t. XIII, p. 5, 1849.

Cette longue citation montre que Clos inaugure une façon nouvelle d'envisager la jonction des deux organes; le premier, il introduit l'anatomie dans la recherche du collet. M. Clos est le premier qui ait saisi la situation et les véritables caractères du collet.

M. Van Tieghem, tout en considérant d'abord le collet comme un plan géométrique, en précise davantage les caractères anatomiques : « Où s'opère le passage de l'alternance à la superposition et la demi-rotation simultanée du groupe vasculaire par laquelle de centripète il devient centrifuge, là finit la racine et commence la tige, là est la limite anatomique entre les deux parties de l'axe végétal; ce passage est brusque et par conséquent cette limite peut être déterminée dans tous les cas avec précision (1). » Un peu plus tard (2), il ajoute cet autre caractère « la cessation du tissu conjonctif spécial qui se trouve remplacé par le parenchyme primitif ».

En 1872, le même auteur, amené à suivre le développement de l'embryon dans ses recherches sur la formation des canaux sécréteurs (1), décrit le passage de la tige à la racine dans quelques végétaux dicotylédones, et rejette l'idée de la superposition brusque de la tige à la racine. On peut, dit-il, compter quatre temps dans ce passage :

---

(1) Recherches sur la symétrie de structure des végétaux. Note de M. Ph. van Tieghem, *Comptes rendus*, 1869, t. LXVIII, p. 153.

(2) *Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires*, 1er fascicule. Introduction : la Racine, 1871, p. 10.

1° La rotation du f. vasculaire qui de centripète devient centrifuge; 2° sa superposition au f. libérien; 3° la brusque interruption de la membrane rhizogène en dehors de ce dernier; 4° la dilatation du cylindre central avec interposition du tissu conjonctif. La membrane protectrice se prolonge sans interruption sur toute l'étendue de l'axe. Dans la superposition des f. vasculaires aux f. libériens, tantôt les deux faisceaux se dédoublent et pour se lier ensemble font chacun la moitié du chemin; ailleurs, le f. vasculaire se divise seul et vient se placer en dedans du f. libérien demeuré immobile. Dans d'autres cas, le f. vasculaire reste en place en tournant sur lui-même, tandis que le libérien se dédouble et vient se placer au dehors. Les quatre temps dont nous avons parlé plus haut s'observent sur un espace fort court correspondant au collet extérieur (le changement d'épiderme) chez les Composées, Ricin, Liseron. Mais ailleurs les phases ne se montrent que successivement et sont séparées par d'assez longs intervalles. Alors la première seule coïncide avec la limite superficielle entre la tige et la racine, les autres s'opèrent plus ou moins haut sur la tigelle. Le passage est rendu ainsi moins saisissant. Les Ombellifères, Conifères, Balsamine offrent à cet égard trois modifications distinctes. Ces divers aspects proviennent de ce que l'accroissement intercalaire qui produit l'élongation de la tigelle de l'embryon se trouve localisé, suivant les cas, dans des régions un peu différentes de cette tigelle.

Ce travail est celui qui nous fournit les données les plus précises sur le collet, et nous montre les phénomènes successifs qui ont pour terminaison la structure réalisée de la tige. Ses conclusions sont devenues classiques.

---

(1) Mémoire sur les canaux sécréteurs des plantes. *An. sc. nat. Botanique,* 5e série, t. XVI, p. 99 et 159. L'auteur décrit la structure de l'axe hypocotylé du *Tagetespatula,* et de celui des Ombellifères.

A la même époque, M. Dodel (1) étudie le passage de la tige à la racine dans le genre *Phaseolus* (*P. multiflorus*, *vulgaris*, *erectus* var. *nanus*). Il étudie les formations primaires et secondaires. Mal servi par le choix de sujets où les modifications et les formations secondaires se développent hâtivement et d'une façon très active, il n'a fait qu'effleurer le sujet principal s'égarant dans une foule de faits exacts, mais sans importance au point de vue où il devait se placer et particuliers au genre Phaseolus. Prenant dans ses conclusions ce qui nous intéresse, il signale : 1° la division des faisceaux radicaux en passant dans la tigelle ; 2° La torsion des faisceaux vasculaires radicaux qui de centripètes prennent d'abord une direction particulière, *tangentielle*, dit-il. Cette orientation existe réellement, nous le verrons, et se retrouve chez un très grand nombre de végétaux.

M^lle^ S. Goldsmith (2) confirme pour la marche des f. fibro-vasculaires dans l'axe hypocotylé des Dicotylédones les résultats de M. Van Tieghem, mais pour certains cas elle recule la limite du collet au delà des cotylédons (3) : « Le passage de la tige au pivot s'effectue chez les Dicotylédones (en ce qui concerne le développement et la direction des f. primordiaux) par une torsion anatomique s'opérant au-dessous des cotylédons. Chez les plantes où la tige ne renferme aucune moelle dans l'entre-nœud inférieur, le développement des faisceaux vasculaires primordiaux peut cependant être centripète-centrifuge (*Vicia sativa*) dans l'entre-nœud inférieur de la tige, et avoir ainsi un caractère intermédiaire entre la direction nettement centripète des faisceaux de la racine, nettement centrifuge des f. de la tige. » Enfin, elle croit qu'il n'y a aucun rapport entre la grandeur, le mode de végétation des cotylédons, la grosseur de la tige hypocotylée et de la racine, la largeur du cylindre médullaire de la tige et du cône médullaire du sommet de la racine et la conduite des faisceaux vasculaires.

---

(1) Der Uebergang des Dicotyledonen-Stengels in die Pfahl-Wurzel, *in Pringsheim* Jarhbücher, 8^e^ volume, 1872.

(2) Beiträge zur Entwickelungsgeschite Fibrovasalmassen in Stengel und in der Hauptwurzel der Dicotyledonen. Zurich, 1876. *Thèse inaugurale.*

(3) ***Récapitulation et conclusion***, p. 43, § 18.

En 1877, M. Prillieux (1), faisant l'anatomie de l'embryon développé de la betterave, trouve la structure interne de la racine bien au delà du point où l'épiderme change de nature. Il en conclut qu'on doit admettre une zone de transition plus ou moins étendue, dans laquelle l'organisation peut participer à des degrés divers de celle qu'offre normalement soit la racine, soit la tige. Il partage complètement l'avis de Clos quant à la délimitation du collet.

J'ai fait connaître, il y a peu de temps, les premiers résultats de mes recherches sur le collet chez les Dicotylédones (2). Je montrais que le collet n'est pas un plan géométrique; il occupe une certaine longueur de l'axe hypocotylé. La structure de la racine se modifie peu à peu de façon à se rapprocher toujours davantage de celle de la tige. Ce passage se divise en plusieurs phases; la première peut apparaître bien audessous du changement d'épiderme. Ces phases se succèdent plus ou moins rapidement, elles peuvent ne pas se réaliser toutes; dans ce cas, l'axe hypocotylé ne présente en aucun de ses points la structure de la tige.

En résumé, les Dicotylédones seules ont été étudiées et encore en très petit nombre au point de vue spécial qui nous intéresse. Les résultats obtenus peuvent-ils être généralisés? Bien que M. Van Tieghem affirme dans un de ses ouvrages que les phénomènes sont les mêmes chez les Monocotylédones, rien n'a été publié sur cet embranchement. Les Cryptogames vasculaires n'ont jamais été mentionnées, à ma connaissance.

Il y a là une lacune, et c'est cette lacune que je me suis efforcé de remplir en entreprenant les recherches dont je publie les résultats.

---

(1) *Bulletin de la Société botanique de France*, 6 juillet, 1877.

(2) *Comptes rendus*, 31 mai 1880.

III

Quelle marche suivrons-nous?

Nous venons de voir qu'en dehors des caractères tirés du point végétatif et du mode d'accroissement les différences entre la tige et la racine résident dans la disposition des éléments primaires, les productions secondaires se développant parallèment et dans le même ordre dans les deux organes.

C'est donc aux formations primaires que nous devons nous adresser; nous devons en suivre les modifications entre les deux limites du collet : limite inférieure marquée par la première altération de la structure de la racine, limite supérieure où l'on rencontre pour la première fois la structure de la tige. Le problème comprend la recherche de ces deux points extrêmes et l'étude des transformations dont la région intermédiaire est le siège.

Les germinations fourniront les meilleurs sujets d'étude. Chez les Monocotylédones et les Cryptogames les formations secondaires n'apportent pas de modifications sensibles à la structure primitive, en outre les éléments primaires atteignant assez tard leur développement parfait, il y aura intérêt à laisser végéter quelque temps ces plantes avant de les étudier. Avec les Dicotylédons il faudra des précautions toutes spéciales. Les formations secondaires se produisent de très bonne heure avec une grande activité. Se développant au contact des formations primaires elles se confondent le plus souvent avec elles d'une façon si intime qu'il devient impossible de dire où commencent les unes, où finissent les autres; quelquefois même les formations secondaires viennent cacher complètement les formations primaires (racines de *Viola*, *Galium*, *Cœphelis Ipecacuanha*, etc.). Les formations secondaires constituent une difficulté sérieuse. Il faut les éviter; on y arrive en empêchant l'apparition du premier entre-nœud (il est très rare que cet organe ne présente dès sa base la structure de la tige). D'autre part, il ne faut pas gêner l'évolution totale de l'axe hypocotylé afin de respecter les relations de ses différentes parties. On réalisera cette deuxième condition en arrêtant la végétation au moment où les Cotylédons redressés se sont complètement épanouis. En ce moment l'axe hypocotylé ne présente que des formations primaires, son élongation s'arrête, ses éléments ont pris leur position définitive. De plus, en agissant ainsi, nous opérons sur des sujets arrivés au même état de développement et par conséquent comparables.

Partant d'un point où la structure de la racine était bien nette, j'ai étudié l'axe au moyen de coupes transversales se rapprochant toujours davantage du point initial de la tige. J'ai procédé ainsi jusqu'à la naissance des Cotylédons dans la plupart des cas; au delà lorsque les faits l'exigeaient.

Les tissus des jeunes plantes sont si peu résistants qu'ils cèdent sous le rasoir si l'on n'a eu soin de les durcir par une immersion préalable dans l'alcool à 90 degrés. Les coupes doivent être très minces vu le faible diamètre des éléments du cylindre central. Leur maniement demande une délicatesse extrême (1).

Je diviserai ce travail en trois parties.

Dans la première : déterminant les points de départ et d'arrivée, je décrirai parallèlement avec tous les détails nécessaires les structures types de la racine et de la tige des Phanérogames à l'état primaire (2). Les points différentiels établis, profitant de ce qu'ils sont présents à la mémoire, j'exposerai immédiatement au point de vue général, l'histoire des états intermédiaires, ils se comprendront plus facilement. Dans la seconde partie, je répéterai les mêmes descriptions pour chacun des végétaux étudiés; nous verrons là les faits particuliers. Cette partie, un peu longue, consacrée surtout à l'exposition de faits qui pourront, je l'espère, être de quelque utilité soit pour la continuation, soit pour le contrôle de ces recherches, aurait pu être singulièrement diminuée si l'étude avait révélé quelques types autour desquels j'eusse pu grouper le reste des végétaux. Malheureusement ces types n'existent pas, jamais deux végétaux ne se comportent entièrement de la même façon. Il ne peut y avoir d'assimilation totale; les rapprochements partiels sont seuls possibles, j'en ai profité autant que je l'ai pu faire.

---

(1) On peut les observer facilement dans un mélange de qnatre parties de glycérine, une d'acide acétique cristallisable, une d'eau distillée, après immersion de quelques minutes dans l'alcool, pour chasser les bulles d'air.

(2) Les Dicotylédones et les Monocotylédones peuvent être assimilées.

J'ai placé les Dicotylédones dans l'ordre de de Candolle; les faits le permettaient, le nombre des sujets exigeait un ordre méthodique quelconque. Pour les Monocotylédones beaucoup moins nombreuses, j'ai procédé du simple au composé; la chose était nécessaire.

La troisième partie traite des Cryptogames vasculaires.

PREMIÈRE PARTIE

I. — La racine et la tige primaires des Phanérogames

Le point végétatif de la racine donne naissance de dehors en dedans à une pilorhize, à un épiderme, à un cylindre cortical et à un cylindre central. Ce dernier ne forme pas le quart de la masse totale.

La pilorhize ne nous intéresse pas ici, nous n'en dirons rien.

L'épiderme primitivement protégé par la pilorhize est formé de cellules étroites, allongées dans le sens du grand axe de la racine, demi-cylindriques ou presque arrondies, la convexité tournée vers l'extérieur. En raison de leur forme ces cellules sont faiblement réunies entre elles; sur la coupe transversale leur ensemble rappelle assez bien l'image d'un cercle de demi-disques. Leur paroi très mince en tous ses points n'est pas recouverte d'une lame cuticulaire. Généralement la plupart d'entre elles (quelquefois toutes), s'allongent dans leur partie médiane en un long poil non cuticularisé (poil radical). Certains végétaux n'en produisent point. On peut suivre sur un jeune pivot le développement de ces appendices. Nuls ou rudimentaires près du point végétatif, ils ne sont bien développés que dans le voisinage de la tigelle. Ces cellules pilifères forment alors une sorte de marteau dont le poil constitue le manche, le corps de la cellule la tête. La vie de cet épiderme est fort courte ; la paroi de ses cellules se colore bientôt ; ses éléments se séparent et tombent, ou s'aplatissent, s'accolent si bien aux cellules sous-jacentes qu'ils simulent à leur surface une fausse cuticule.

L'épiderme recouvre et limite extérieurement le cylindre cortical. Ce dernier, entièrement parenchymateux, se divise en une zone interne à croissance centripète et une zone externe à croissance centrifuge. Intérieurement il se termine et est limité fort nettement par une assise de cellules à caractères bien tranchés (endoderme, couche protectrice).

La zone interne est formée de cellules arrondies, à diamètre décroissant de l'extérieur vers l'intérieur. Ses éléments sont rangés en cercles concentriques et en files radiales, la diminution simultanée du diamètre du végétal et de celui des éléments se prête merveilleusement à cet arrangement. La zone externe, toujours moins développée que la précédente, peut dans le cas extrême ne compter qu'une seule rangée de cellules. La puissance de ses éléments décroît de l'intérieur vers l'extérieur. Arrondies intérieurement, ses cellules deviennent peu à peu polygonales en s'avançant vers l'extérieur ; elles sont encore disposées en cercles concentriques, mais l'augmentation continue du diamètre correspondant à la diminution progressive des cellules rend impossible leur disposition en files radiales. Je m'éloigne ici de la description donnée par M. Van Tieghem (1) ; je vais plus loin encore.

La portion polyédrique de l'écorce externe moins développée que l'autre subit lentement, mais progressivement de dehors en dedans, une modification de la substance de ses parois qui, sans en altérer la forme ou l'épaisseur, rend ces cellules subéreuses. Elles deviennent le véritable organe protecteur de la jeune racine, l'assise pilifère (2) devant être regardée comme entièrement dévolue à la nutrition et destinée à l'absorption. L'altération et la mort de l'épiderme marchent parallèlement avec la subérification de l'assise sous-jacente.

---

(1) *Traité de botanique*, par J. Sachs. Trad. Van Tieghem, p. 199, note.

(2) Nouvelle appellation de l'épiderme de la racine, due à M. Ollivier. Re-

Les cellules de cette assise diffèrent beaucoup des cellules plus internes : leur diamètre est plus considérable, leur forme est spéciale. Nettement polyédriques, allongées dans le sens radial et par là longuement unies entre elles, elles simulent (à la coloration près), les cellules de l'épiderme de la tige surtout lorsque l'assise pilifère aplatie et appliquée sur leur face externe forme une fausse cuticule. Partout où la radicelle est grêle, la rangée externe du cylindre cortical seule est polyédrique et se subérifie. Elle forme une membrane protectrice, qui, sans être de nature épidermique, joue le rôle d'épiderme. Je lui ai donné pour cette raison le nom de *membrane épidermoïdale* (1), étendant ainsi à tous les végétaux la dénomination précédemment créée par M. Chatin pour différencier le véritable organe protecteur de la racine aérienne des Orchidées. Chez les végétaux à racine volumineuse, la membrane épidermoïdale peut comprendre deux ou plusieurs rangées de cellules en voie de subérification. On peut alors suivre facilement de dehors en dedans les progrès de ce travail. Les Monocotylédones se prêtent fort bien à cette étude. On voit la coloration de la paroi se foncer peu à peu ; lorsque la transformation est achevée, sa teinte est noirâtre et rappelle celle des cellules de l'endoderme dans leur jeune âge et les rend aussi manifestes.

En résumé il y a lieu de décomposer la zone externe de M. Van Tieghem, de modifier la description de cet auteur, enfin de considérer un élément nouveau dans la structure de la jeune racine, organe protecteur se substituant à l'épiderme absorbant et en déterminant vraisemblablement la mort.

L'assise interne du cylindre cortical (endoderme, c. protectrice) composée de cellules de forme et de grandeur très varia-

---

cherches sur le système tégumentaire des racines. *Ann. sc. natur. Bot.*, 6e série. Tome I.

(1) *Comptes rendus*, 31 mai 1880.

bles, mais toujours polyédriques, naît par division des éléments de l'avant-dernière rangée qui restent parfois polygonaux ou demi-cylindriques à la suite de cette bipartition. Les parois radiales sinueuses de ces cellules se projettent en coupe transversale sous forme de nœud ou ponctuation noirâtre qui constitue un véritable stigmate pour ces cellules. Elles se subérisent très vite et prennent la coloration noirâtre qui les fait retrouver du premier abord.

Le cylindre central comprend l'assise rhizogène ou péricambium qui le limite extérieurement, les faisceaux vasculaires et libériens appuyés sur le péricambium, enfin le tissu conjonctif qui sépare les faisceaux.

L'assise rhizogène est formée de cellules toujours polyédriques mais diverses de forme et de grandeur. Elle ne présente généralement qu'une seule rangée d'éléments alternes avec ceux de l'endoderme; elle peut cependant en posséder plusieurs (*Pinus*, *Castanea*, *Phaseolus*, etc.); les cellules des rangées voisines alternent toujours entre elles. Chez les Monocotylédones elle est simplement rhizogène, chez les Dicotylédones elle contribue en outre partiellement au développement du cambium, elle forme le cylindre cortical secondaire et le suber vrai.

Les faisceaux sont alternativement vasculaires (ligneux) et libériens toujours, par conséquent, en nombre pair mais variable dans d'étroites limites pour chaque espèce. On en trouve rarement plus de huit de chaque sorte; on en observe plus souvent de deux à quatre.

Les f. vasculaires formés d'éléments de plus en plus larges en avançant vers le centre sont cunéiformes par cela même. Leur pointe tournée vers l'extérieur est constituée par des trachées, les vaisseaux les plus larges sont souvent ponctués. Chez les Dicotylédones tous les éléments sont cohérents entre eux; chez les Monocotylédones il est fréquent de voir les plus larges s'isoler au milieu du tissu conjonctif. La racine acquiert alors un faciès d'autant plus particulier que ces vaisseaux ont un diamètre considérable. Le développement de ces faisceaux est centripète et selon qu'il sera continu ou non les faisceaux se réuniront au centre ou y laisseront une moëlle.

Les f. libériens, bien qu'à formation centripète comme les f. vasculaires, s'avancent peu vers l'intérieur ; ils s'étalent le long de la couche rhizogène et comblent la plus grande partie de l'espace compris entre les f. vasculaires. Ils se différencient plus tard que les premiers et sont parfois difficiles à séparer du tissu conjonctif.

Le tissu conjonctif divisé en lames isole les faisceaux ; lorsque la racine possède une moelle ces lames forment un seul tout avec celle-ci. La, ou mieux, les rangées *les plus externes* de ce tissu donnent naissance, chez les Dicotylédones, à la plus grande partie du cambium, les cellules de la couche rhizogène *immédiatement opposées* aux f. vasculaires et *celles-là seules* forment le reste de ce tissu. Je précise, nous verrons plus tard pourquoi.

Telle est la structure de la racine primaire, examinons comparativement la tige primaire.

Elle présente un épiderme, un cylindre cortical et un cylindre central comme la racine, mais le cylindre central forme à lui seul près des deux tiers de la masse.

L'épiderme est composé de cellules en forme de parallélipipèdes, largement unies entre elles par leurs faces radiales ; elles sont recouvertes d'une lame cuticulaire percée çà et là par l'orifice des stomates. C'est le véritable organe protecteur de la jeune tige.

Le parenchyme cortical présente, comme dans la racine, les deux séries adossées de cellules décroissantes, mais la série externe est complètement formée de cellules arrondies. Il ne se forme plus de membrane épidermoïdale, il y aurait double emploi avec l'épiderme cuticularisé. L'assise interne (endoderme) a ses cellules arrondies, à parois longitudinales droites ; elle n'éprouve pas la subérification. Elle est cependant reconnaissable à la disposition particulière de ses éléments (opposés aux cellules plus externes du parenchyme cortical, alternes avec celles de la couche rhizogène) et à leur contenu formé d'un amidon granuleux très réfringent, qui lui a fait donner parfois le nom d'assise amylifère.

La membrane rhizogène ne forme généralement plus une assise continue (1), elle manque en face des faisceaux libéro-ligneux qui s'appuient directement sur l'endoderme. Ses cellules sont plus ou moins arrondies, plutôt légèrement polygonales; elles diminuent toujours de diamètre dans le voisinage des faisceaux. Elles donneraient (2) naissance chez les Dicotylédones aux ponts cambiaux interfasciculaires.

Les faisceaux ligneux et libériens n'alternent plus, ils sont opposés radialement deux à deux. Les faisceaux libériens plus rapprochés de l'extérieur se différencient dans l'ordre centripète comme dans la racine; la formation des faisceaux ligneux est inverse, centrifuge. Leurs éléments sont les mêmes que dans la racine. Généralement le liber et le bois demi-cylindriques s'unissent par leur face plane, mais chez un grand nombre de Monocotylédones le dernier se contourne en croissant et enveloppe aux trois quarts les faisceaux libériens arrondis ou elliptiques. Les Dicotylédones ne présentent qu'une seule série de faisceaux; la tige de la plupart des Monocotylédones en montre plusieurs concentriques. Il y a là des différences importantes entre les deux embranchements. Il faut tenir compte de ces faits pour suivre le passage dans tous les cas, depuis les plus simples jusqu'aux plus compliqués. Au centre, et s'étendant entre les faisceaux, nous trouverons toujours un tissu conjonctif fort développé. La présence de ce tissu rend compte de l'ampleur caractéristique du cylindre central de la tige.

Le parallèle est achevé; les points différentiels nous sont parfaitement connus. Nous aurons à montrer : 1° le changement d'épiderme, et conséquemment je serai tenu de décrire les modifications morphologiques que subit l'axe dans les régions qui avoisinent ce point. Cette étude nous permettra de juger ensuite s'il y a quelques relations entre les caractères extérieurs et les phénomènes internes; 2° la disparition de la membrane épidermoïdale; 3° la transformation de l'endoderme; 4° les transformations, la disparition en certains cas de la couche rhizogène; 5° les modifications que subit cette membrane dans son pouvoir générateur; 6° la formation des faisceaux libéro-ligneux; 7° le passage de la formation centripète du bois à la formation centrifuge; 8° l'apparition du tissu conjonctif central dans les végétaux dont la racine en est dépourvue; son augmentation dans les autres.

---

(1) Elle persiste parfois en tous les points; j'en donnerai des exemples (Ervumlens, fig. 45, etc.)

(2) Je ne crois pas qu'il en soit ainsi. J'ai suivi plusieurs fois la formation du cambium dans la tige et l'axe hypocotylé, le péricambium n'y jouait pas ce rôle. (Voy. fig. 38, 39, 43, 55, 56, 64.)

II. — HISTOIRE DU PASSAGE CHEZ LES PHANÉROGAMES (RÉSULTATS GÉNÉRAUX)

I. — *Caractères extérieurs de l'axe hypocotylé.* — La graine en germant donne naissance à une plantule dont la partie hypocotylée dans son plus grand état de complication ne comprend que deux parties : une inférieure terne recouverte par l'épiderme absorbant, c'est la radicule ou jeune pivot; la supérieure lisse, brillante, recouverte par un épiderme protecteur : la tigelle.

L'inférieure se développe toujours; la supérieure peut avoir des dimensions variables, elle peut manquer. Ce dernier cas, rare chez les Dicotylédones, est commun, au contraire, chez les Monocotylédones.

L'union de ces deux parties s'opère de différentes façons :

a. Le diamètre de la radicule s'accroît insensiblement pour atteindre celui de la tigelle; la radicule est longuement conique. C'est le mode de jonction le plus simple et le plus répandu.

b. La radicule reste étroite sur la plus grande partie de son parcours; elle prend dans les quelques millimètres supérieurs le diamètre de la tigelle (*Datura*, *Impatiens*).

Ces deux premières manières d'être correspondent généralement à des végétaux assez grêles.

c. Le troisième cas est, au contraire, fréquent dans les végétaux à plantule volumineuse (Haricot, Ricin, Melon). La radicule reste grêle (relativement) dans la plus grande partie de son parcours. Elle devient trois et quatre fois plus considérable dans sa partie supérieure. La tigelle est toujours fort développée transversalement.

d. Lorsque la tigelle manque, l'insertion des (ou du) cotylédons correspond toujours à un renflement terminal de la radicule.

II. — *Le collet*. — Les appellations de radicule et de tigelle laissent à supposer que le collet est plan et fixé à leur point de jonction. Il n'en est rien, *le collet est une région, plus ou moins étendue, dans laquelle l'axe présente des états transitoires entre les structures types de la racine et la tige. Le changement d'épiderme n'est qu'une des phases de ce passage.*

Pris dans ses limites les plus vastes, le collet débute dans la partie supérieure de la racine et ne se termine que dans le troisième et même le quatrième entre-nœud. Les cas où il dépasse les feuilles séminales sont rares (*Lathyrus, Ervum, Vicia*); le plus généralement il est compris dans les limites de la tigelle (*a*). Il prend origine dans la racine chaque fois que cet organe se renfle rapidement à son sommet (*b*, *c*). Lorsque la plantule est dépourvue de tigelle (*d*), le collet occupe la nodosité terminale et une étendue variable de la racine.

Il y a une certaine relation, non absolue pourtant, entre le volume de la plantule et la rapidité du passage. Si le diamètre du végétal est étroit, la structure de la tige peut ne s'observer qu'à la base du premier entre-nœud après le départ des cotylédons (fig. 14, 15 *Raphanus*, 28 *Impatiens glandilugera*); il y aura là un saut plus ou moins brusque : les éléments provenant directement de la racine pénétreront dans les feuilles séminales avant d'avoir passé par tous les intermédiaires nécessaires. Il est fréquent de rencontrer chez les plantules volumineuses (*c*) la structure de la tige dans une partie de la tigelle (*Cucurbita*, Oranger, fig. 35; *Acer*, fig. 40, 41). Le collet peut même se localiser entièrement dans la partie supérieure de la radicule, le changement d'épiderme devient alors la dernière phase du passage (Ricin). Lorsque le végétal manque de tigelle, il est parfois si peu étendu qu'il doit être considéré alors à peu près comme plan (*canna*). Ce passage fort brusque n'a été observé que chez les Monocotylédones.

III. — *Le passage anatomique.* — Pendant le passage chaque élément a une conduite indépendante; les uns ont déjà terminé leurs transformations que les autres ne les ont pas commencées. Il n'y a aucune règle qui en régisse l'ordre : tel élément qui entamera ici la série, la terminera dans cet autre cas. De là une foule de combinaisons qui donnent à la région transitoire les aspects les plus variés. Le passage ne se fera jamais entièrement d'une façon identique chez deux végétaux donnés. Les moyens employés sont pourtant simples; ils ne sont très différents que dans le renversement des faisceaux vasculaires.

Prenons chaque élément en particulier :

Le système tégumentaire. L'épiderme villeux, à cellules demi-cylindriques en nombre double des cellules épidermoïdales, perd ses poils, acquiert une cuticule légère d'abord, puis de plus en plus accentuée; ses cellules s'aplatissent les unes contre les autres, s'unissent latéralement pour former une lame résistante; elles s'allongent tangentiellement, deviennent aussi grandes, si ce n'est plus, que les éléments sous-jacents; leur nombre doit proportionnellement diminuer de moitié. Ces faits sont généraux (*ep*, fig. 1, 2, 3, 62, 63). L'allongement radial est, au contraire, d'importance secondaire et propre à certaines espèces. Il en est de même de l'apparition plus ou moins hâtive des stomates et des glandes internes (*Citrus aurantium*, fig. 31, 32, 33) qui semblent manquer à la racine primaire.

Les transformations de la *membrane épidermoïdale* (*m e*, mêmes figures que précédemment) sont forcément liées à celles de l'épiderme; ses cellules perdent leur forme allongée, s'arrondissent et diminuent de volume plus ou moins vite, mais leur subérisation s'arrêtant immédiatement avec l'apparition de la cuticule, elles changent très rapidement de coloration. On les voit, parfois, devenir presque aussitôt collenchymateuses.

Cylindre cortical. Le parenchyme cortical ne subit pas de modifications bien sensibles si ce n'est dans son diamètre ; sa puissance diminue proportionnellement peu à peu, mais le plus souvent avec une lenteur extrême. Il semble qu'il se résolve difficilement à perdre la puissance qu'il possède dans la racine. Tous les autres éléments ont pris la disposition qu'on leur connaît dans la tige que le rapport convenable des cylindres cortical et central est encore loin de s'établir. Il se réalise rarement dans l'axe hypocotylé. Il est bon d'ajouter cependant que le parenchyme cortical ne joue dans ce cas qu'un rôle tout passif, car l'agrandissement variable du cylindre central (et par conséquent l'étendue relative du parenchyme cortical) est entièrement dû à l'apparition plus ou moins hâtive et au développement plus ou moins considérable du tissu conjonctif central.

Le parenchyme cortical de la partie inférieure de la tigelle est sujet à la chute comme celui de la racine (fig. 64 *Castanea vesca*).

L'endoderme est certainement plus visible et tout aussi bien caractérisé à la base de la tigelle que dans la racine ; ses cellules noirâtres tranchent mieux sur les éléments plus réfringents de la tige. Elles arrondissent leurs angles, perdent leurs stigmates, se remplissent de grains d'amidon réfringent, enfin l'assise amylifère se constitue. Ces transformations sont lentes, successives et s'observent à des hauteurs variables selon les végétaux (*e*, fig. 1-10, 16, 17, 24-28, 35-39).

Cylindre central. — Il en est de même des modifications que subit la *membrane rhizogène.* Si l'on ne s'attache d'abord qu'à la forme et à la conservation de ses cellules on voit qu'elles se comportent de plusieurs façons différentes. Leur forme varie peu d'abord, elles restent longtemps polyédriques, puis arrondissent leurs angles et deviennent sphériques. Quelquefois la membrane conserve toutes ses cellules (*p. Ervum lens*, fig. 42, 43, 44, 45; *Dipsacus*, fig. 46-50), mais celles qui font face aux faisceaux libériens diminuent sensiblement de volume. Le plus souvent elle en perd une partie. Cette disparition porte toujours sur les petites cellules opposées au liber; elle se produit avec une intensité variable avec les végétaux: tantôt les quelques cellules correspondant à la partie médiane de chaque masse libérienne manqueront seules; ailleurs toutes celles qui sont placées devant les faisceaux feront défaut (*p*. fig. 1-10, 21-25, 35-39).

Au point de vue générateur, le péricambium perd la propriété de donner naissance au cambium en face des f. vasculaires dès que ces faisceaux s'avançant dans la moelle l'ont quitté; le tissu conjonctif interposé hérite de ce rôle (C., fig. 56, 64, 55, 43, 39, 38, 17). La formation du suber et du parenchyme cortical secondaire à ses dépens ne s'éteint que peu à peu mais cesse complètement avant l'insertion des cotylédons (*p*. fig. 64). Ainsi s'explique la desquamation de la partie inférieure du parenchyme cortical de la tigelle.

L'endoderme et le péricambium modifiés sont entraînés par les faisceaux dans les cotylédons. Chez les Dicotylédones, le parenchyme cortical passe aussi complètement dans ces organes.

Le tissu conjonctif. — L'extension du tissu conjonctif domine toutes les modifications du cylindre central. En se développant en son milieu, il lui donnera le diamètre qu'il possède dans la tige; en s'insinuant au milieu des faisceaux il formera les rayons médullaires primaires; il comblera les vides laissés par les déplacements de ces faisceaux. Son rôle est tout passif, et si, dans le courant de ce travail, je lui ai plusieurs fois attribué un rôle actif, c'était au figuré entraîné par l'exposition. Sa présence est cependant de la plus absolue nécessité : la structure de la racine se conservera tant que le tissu conjonctif central n'augmentera pas d'importance.

Il apparaît en des points différents (1) : au centre pour constituer la moelle; à la périphérie pour combler le vide laissé par le report vers l'intérieur des f. vasculaires passant de l'orientation centripète à la disposition centrifuge (fig. 1, 4, 5, 7,8,9, 27-30). Pour que le passage soit complet, il faut qu'il apparaisse en ces deux points; s'il ne se produit pas vers l'extérieur les faisceaux resteront centripètes (*Raphanus*, fig. 11-15, *Datura stramonium*, fig. 53-54), quand bien même la moelle prendrait naissance. L'axe hypocotylé ne présente alors la structure de la tige en aucun de ses points. Ces faits n'auront cependant aucune influence sur la disposition des éléments du premier entrenœud qui possédera toujours les éléments normaux de la tige même lorsque le collet s'étend au delà des cotylédons. La chose est paradoxale au premier abord, l'explication en est très simple, je la donnerai bientôt.

---

(1) Je prends le cas le plus compliqué : la racine dépourvue de moelle.

Le tissu conjonctif se fait jour en premier lieu tantôt au centre, tantôt vers l'extérieur et à des hauteurs diverses. Il peut prendre plus ou moins d'extension dans l'axe hypocotylé, je l'ai déjà fait remarquer. Les deux tissus peuvent rester isolés (*Nigella Damascena*, fig. 4-5-6, *Fumaria grandiflora* fig. 9) ou se réunir. Dans le second cas, un rayon médullaire prendra la place du f. vasculaire radical (*Acer campestre*, fig. 36-41).

Les faisceaux conducteurs. — Les f. conducteurs de l'axe hypocotylé forment des cordons continus. On ne trouve de raccordement qu'au point où le système conducteur du premier entrenœud se rattache aux faisceaux cotylédonaires lorsque le système radical passe entièrement dans les feuilles séminales.

Bois. — Les faisceaux vasculaires sont sans conteste les éléments qui présentent le plus de diversité dans le passage. Ce passage se divise en plusieurs temps qui se produisent dans l'ordre suivant:

1° Augmentation du nombre des éléments du faisceau (1) et égalisation de leur diamètre (fig. 1-4). Ce premier fait est surtout sensible chez les Monocotylédones, où le diamètre des vaisseaux internes dépasse considérablement dans la racine celui des trachées. Ces végétaux perdent ainsi leur facies radical spécial et leur assimilation aux Dicotylédones devient complète (*Triglochin palustre*, fig. 67, 68, *Impatiens glanduligera*, fig. 26-27).

---

(1) Généralement, dans la proportion de 2 à 3.

2° Groupement sur plusieurs files des éléments primitivement unisériés plus bas; leur assemblage en une masse plus compacte (fig. 7-8) lorsque les éléments vasculaires de la racine sont rangés sur plusieurs files.

3° Segmentation longitudinale qui donne naissance à deux faisceaux parallèles centripètes (*fvnl*, fig. 23).

4° Superposition de ces faisceaux aux masses libériennes voisines et formation des f. libéro-ligneux (fig. 13 *fv*).

5° Passage du bois de l'orientation centripète à l'orientation sécantielle (fig. 4-5).

6° Passage de l'orientation sécantielle à l'orientation centrifuge (fig. 5-6, 9-10, 38-39) (1).

La seconde phase exige l'apparition de l'un ou l'autre tissu conjonctif. La troisième celle du tissu conjonctif interne. Après la quatrième celle du tissu conjonctif externe est obligatoire. Lorsque l'une ou l'autre de ces conditions n'est pas réalisée, le renversement des faisceaux vasculaires s'arrête; ils se présentent vers les cotylédons avec l'orientation centripète ou une disposition très légèrement inclinée (fig. 14-15, 24-25, 54).

La première phase ne demande point d'explications. La seconde, avons-nous dit, est liée à l'apparition d'un des tissus conjonctifs, les deux peuvent concourir à sa réalisation. Dans le premier cas les faisceaux sont repoussés soit vers l'intérieur (*fo*. fig. 42-43, 46-47), soit vers l'extérieur (fig. 8); leurs éléments sont forcés de s'étaler transversalement. Dans le second le résultat est le même, mais ils sont comprimés par les deux côtés à la fois.

---

(1) Il y a d'autres marches, mais elles constituent presque autant de cas particuliers; je renvoie à la description du passage chez les *Medicago*, *Ervum*, *Lathyrus*, *Phœnix*.

Dans le troisième temps le tissu conjonctif interne s'introduit au milieu du faisceau et le sépare longitudinalement en deux masses. La segmentation peut être totale ou partielle. Dans le premier cas un rayon médullaire prend la place du faisceau centripète de la racine (*Dipsacus*, fig. 46-48 ; *Acer*, fig. 36-38 ; *Althæa*, fig. 22) ; dans le second les trachées primitives sont respectées, le faisceau se divise en deux masses qui restent confondues par ces trachées (fig. 4) ou en trois masses : les trachées s'isolant des parties profondes (*tp*, fig. 13, 51, 52, 54, 61).

Dans le quatrième, les 1/2 faisceaux vasculaires s'éloignent latéralement l'un de l'autre et s'opposent aux faisceaux libériens voisins venus à leur rencontre. Si les trachées primitives n'ont point encore quitté la couche rhizogène ou en sont proches, la partie profonde se superpose seule à ces éléments. Les 1/2 faisceaux sont alors inclinés l'un sur l'autre formant un V (fig. 18, *for*).

Dans le cinquième les 1/2 faisceaux vasculaires s'opposent complètement au liber; de lamelleux ils deviennent le plus souvent cunéiformes ; le coin a sa base appuyée contre le liber, la pointe formée par les trachées primitives est interne. La direction du faisceau est perpendiculaire au rayon indiquant la position primitive du faisceau vasculaire radical : elle est *sécantielle* (fig. 5, 38, 52).

Les quatre dernières phases peuvent se produire presque simultanément. On passe ainsi directement de l'orientation centripète à l'orientation sécantielle (*Fumaria grandiflora*, fig. 8-9).

Rarement la sixième phase a lieu par le seul mouvement du bois. Dans ce cas cet élément tourne sur le liber comme sur un gond et se place dans le prolongement du rayon passant par son centre de figure. Il y a là un véritable mouvement de volet qui ne s'observe jamais que dans cette phase. Tous les autres mouvements des vaisseaux sont dus à des refoulements, des reculs, des concentrations, des chevauchements. Il faut un large espace, qui manque le plus souvent, pour que le mouvement de volet se produise (Haricot). Mécaniquement parlant, il n'y a pas économie à ce qu'il se produise, il embrasse une trop grande étendue. Le plus souvent c'est un déplacement du faisceau libéro-ligneux tournant sur lui-même qui produit la nouvelle orientation (f. 19). Enfin elle peut encore résulter de la fusion de deux faisceaux libéro-ligneux voisins, c'est le moyen le plus rapide. Ces deux faisceaux peuvent emprunter leur bois à la même masse vasculaire radicale, dans ce cas la fusion est durable (fig. 6, 9-10), ou à deux masses vasculaires voisines, c'est alors le faisceau libérien intermédiaire qui se reconstitue (fig. 40-41, f v + f v'; 61, f v l). L'union est généralement peu durable dans la seconde alternative; plus tôt ou plus tard les faisceaux primitifs se reformeront.

Tous les faisceaux vasculaires d'un même végétal ne se comportent pas de même; les uns vont plus vite, les autres plus lentement. Si l'axe présente plus de deux faisceaux vasculaires, ceux d'entre eux qui constitueront les nervures médianes des cotylédons seront toujours manifestement en retard sur les autres. Les faisceaux peuvent ne subir qu'une partie des modifications avant de pénétrer dans les cotylédons. La tigelle ne présente alors, en aucun de ses points, la structure de la tige (*Impatiens*, fig. 28).

Cambium. — Chez les Dicotylédones, la superposition du bois au liber est toujours médiate. Elle se fait par l'intermédiaire d'une ou plusieurs rangées de tissu conjonctif qui deviennent plus tard cambiales. C'est le cambium intralibérien de la racine qui se continue (*c*, fig. 7, 8, 9, 10, 16, 17, etc). Le cambium de la tigelle se formant sur la plus grande partie de cet organe entièrement aux dépens du tissu conjonctif présente un caractère intermédiaire entre le tissu générateur de la racine où il se produit, partie aux dépens du péricambium, partie aux dépens du tissu conjonctif et de celui de la tige où il se développe, partie aux dépens du procambium, partie aux dépens du tissu conjonctif.

Liber. — Le bois primaire est toujours mieux et plus vite différencié, comparativement, dans la racine que dans la tige;

le contraire arrive pour le liber, sans doute en raison de la similitude de cet élément avec le procambium, similitude qui les fait confondre bien souvent.

Les faisceaux libériens se comportent beaucoup plus simplement que les faisceaux ligneux. Ils multiplient toujours, comme ceux-ci, leurs éléments d'une façon notable. Ils s'étendent le long de la couche rhizogène; leurs extrémités se rapprochent du bois : la superposition se trouve facilitée. Il est de règle que dans cette superposition les deux éléments fassent chacun la moitié du chemin. Il peut arriver que l'un ou l'autre le fasse complètement : le bois, lorsque les faisceaux nombreux et serrés ne permettent pas le mouvement du liber. Le déplacement du liber seul est plus rare; les *Medicago*, *Lathyrus*, *Ervum*, Dattier, déjà intéressants par la conduite anormale de leur bois, et justement pour cette raison, en présentent des exemples.

Dans le cas le plus général (1) les faisceaux libériens se coupent radialement en trois parties (2). Les faisceaux extrêmes recevront chacun un 1/2 faisceau vasculaire et l'axe hypocotylé présentera typiquement un nombre de faisceaux libéro-ligneux double de celui des faisceaux vasculaires de la racine. La partie médiane passe dans le premier entrenœud; elle se transforme en procambium et donne déjà naissance dans la tigelle à du bois centrifuge (fig. 14, 17). C'est ainsi que les faisceaux libéro-ligneux du premier entre-nœud ont toujours les caractères des faisceaux de la tige. Parfois le faisceau libérien ne se divise primitivement qu'en deux masses. Une nouvelle division dans le voisinage des cotylédons donne alors naissance à deux faisceaux médians, qui tantôt restent isolés, tantôt se réunissent. Ces faisceaux sont procambiaux, ils passent dans le premier entrenœud et se comportent comme les précédents.

---

(1) La racine présentant le type binaire.

(2) Séparées par deux rayons médullaires qui sont bien plus constants que les rayons qui se produisent au milieu des f. vasculaires. Le plus souvent on ne parle que de ces derniers.

Si l'axe contient un grand nombre de faisceaux, dont une partie seulement se rend aux cotylédons et l'autre au premier entrenœud, les faisceaux libériens peuvent rester indemnes ; les masses vasculaires opposées se confondent.

Dans le cas le plus compliqué, chaque masse libérienne se divise en cinq faisceaux : la racine présente le type binaire et les cotylédons ont des nervures latérales (fig. 15, *Raphanus*). Le liber se divise une seconde fois pour fournir à la formation de ces dernières ; il entraîne avec lui le bois opposé.

Je crois avoir ainsi passé en revue tous les éléments de l'axe, mais je ne terminerai pas sans avoir ajouté quelques remarques d'intérêt général qui n'ont pu trouver place dans l'exposition précédente.

Si nous prenons les faisceaux vasculaires au point de vue de leur marche, nous verrons qu'ils se comportent très différemment. Si la racine en présente un nombre impair il est de règle qu'une partie passe au delà des cotylédons. Si le type est pair et réduit à deux, les faisceaux passeront entièrement dans les cotylédons; il y a de rares exceptions (*Dipsacus laciniatus ft*, fig. 46-50) où leur partie médiane passe dans le premier entre-nœud après s'être opposée à la région moyenne du liber et avoir ensuite échangé ses vaisseaux ponctués pour des trachées. Quand le type est plus élevé les cas sont très variés; tantôt les faisceaux se rendent tous aux cotylédons; tantôt une partie seulement y pénètre : il y en a même des exemples pour le type quatre (*Tropæolum majus*, fig. 29-30). Enfin un même faisceau peut se rendre partie dans les cotylédons, partie dans le premier entre-nœud et y avoir une existence complètement indépendante du liber (*Ervum lens*, fig. 42-45, *rr*).

Non seulement les anastomes des faisceaux libéro-ligneux altèrent la structure type de la tigelle en diminuant le nombre des faisceaux, mais elles font aussi disparaître une partie des rayons médullaires. Ceux qui resteront correspondront, tantôt au milieu des faisceaux libériens, tantôt à l'ancien emplacement des faisceaux vasculaires de la racine. Il n'est donc pas juste de dire et de donner comme caractéristique de la tigelle la présence d'un rayon médullaire à la place d'un des faisceaux vasculaires de la racine. Il s'en forme parfois, mais il y a des exemples où ils n'apparaissent jamais.

Les faisceaux du premier entre-nœud qui demeuraient sur le même rang que les faisceaux cotylédonaires chez les Dicotylédones, se rapprochent du centre chez beaucoup de Monocotylédones. Chez ces végétaux où les entrenœuds sont courts, on voit naître par division au sommet de la tigelle les systèmes conducteurs de plusieurs feuilles. Ils se disposent de plus en plus intérieurement selon l'ordre d'apparition de l'appendice auquel ils sont destinés. Il y a là, me paraît-il, toute l'explication de la structure de la tige des Monocotylédones et de la marche sinueuse de ses faisceaux libéro-ligneux. Au fur et à mesure que la libération des appendices plus âgés s'opérera, les séries plus jeunes se rapprocheront de l'extérieur; elles y parviendront lorsque les organes auxquels elles sont destinées sortiront. Parties de la périphérie, elles y reviendront après avoir passé par le centre. La courbe sera plus ou moins accentuée selon la longueur des entre-nœuds. La divergence des feuilles mère et fille rendra la courbe aplanatique.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDE DÉTAILLÉE DU PASSAGE CHEZ LES PHANÉROGAMES

1° *Dicotylédones.*

Renonculacées. — *Nigella Damascena* (pl. 15, fig. 1-6). La petite graine du *Nigella Damascena* donne naissance à une plantule assez allongée mais de diamètre étroit. Elle se divise en deux portions bien nettes : l'inférieure grisâtre, longue de 4 centimètres, recouverte par l'assise pilifère, la supérieure lisse et brillante mesurant 6 centimètres. La limite des deux épidermes n'est pas indiquée par un accroissement brusque du rayon de l'axe; il marque le point maximum de ce rayon, en-dessus et en dessous il décroît, d'une façon insensible en gagnant vers les cotylédons, assez rapidement vers le bas pour que la racine possède un diamètre fort étroit sur la plus grande partie de son parcours.

La racine de structure très normale présente le type binaire (fig. 1). L'assise pilifère *ep* est formée de petites cellules déjà en voie d'altération au sommet de la racine; elle recouvre la *membrane épidermoïdale* composée de cellules hexagonales beaucoup plus développées. Le parenchyme cortical (*p c*) proprement dit est entièrement composé de cellules arrondies disposées sur six cercles concentriques. La couche protectrice présente très nettement ses stigmates et sa coloration caractéristiques. Les cellules du péricambium disposées sur un seul cercle dépassent en certains points le volume des cellules de l'endoderme. Les faisceaux vasculaires sont formés d'une dizaine de petites trachées disposées sur deux rangs. Les deux faisceaux isolés laissent une moelle au centre. Les faisceaux libériens comprenant un même nombre d'éléments sont largement séparés des faisceaux vasculaires par le tissu conjonctif. Le cylindre central est légèrement elliptique (1).

Le système tégumentaire et le cylindre cortical (moins l'endoderme qui bien qu'appartenant au cylindre cortical suit toujours les évolutions du cylindre central et non celles de son générateur) achèvent leurs transformations peu au-dessus de la partie villeuse. Le cylindre central conserve la structure de cette partie de la racine jusque dans le voisinage des cotylédons; ses éléments prennent alors en très peu de temps la disposition caractéristique de la tige; celle-ci ne se réalise pourtant pas entièrement avant la séparation des cotylédons. Les faisceaux conservent dans l'axe hypocotylé une orientation spéciale. La tige n'apparaît véritablement qu'à la base du premier entre-nœud. Le collet comprend chez le *Nigella Damascena* toute la partie lisse de l'axe hypocotylé.

---

(1) Je décrirai les phénomènes de passage chez ce végétal avec un détail que je ne pourrai mettre à la description de tous les végétaux étudiés. Je me contenterai de mettre ensuite en relief les faits nouveaux que nous rencontrerons. J'éviterai ainsi les redites, et abrégerai un travail qui deviendrait trop long et perdrait de son intérêt.

La première modification porte sur l'épiderme. Sans que la forme et la coloration des cellules changent tout d'abord, les poils radicaux deviennent plus rares puis font défaut, une cuticule très légère apparaît à leur surface; les cellules s'agrandissent peu à peu et perdent leur coloration brunâtre. Leur diamètre égale bientôt et parfois dépasse (fig. 2-3) celui des cellules sous-jacentes; elles prennent la forme polyédrique, se soudent largement entre elles et une cuticule résistante les protège. La membrane épidermoïdale perd ses caractères dans le même temps. Ses cellules hexagonales plus bas deviennent octogonales, enfin s'arrondissent.

Ce n'est qu'à 3 millimètres des cotylédons que commencent les transformations sérieuses du cylindre central. Jusque-là le tissu conjonctif central s'est légèrement agrandi; les faisceaux libériens ont augmenté le nombre de leurs éléments et se sont étalés le long de la couche rhizogène s'avançant vers les faisceaux vasculaires pour faciliter la formation des faisceaux libéro-ligneux. A partir de ce point les phénomènes s'accélèrent. La membrane protectrice arrondit légèrement ses cellules; ses stigmates deviennent moins visibles. Lorsque l'axe se sépare en deux masses pour former les cotylédons elle accompagne le parenchyme cortical qui lui est opposé et continue à protéger les faisceaux du pétiole.

Les cellules du péricambium restant bien caractérisées en face des faisceaux vasculaires et des cellules du tissu conjonctif qui remplacent ceux-ci dans la partie terminale de l'axe hypocotylé, diminuent d'abord de volume en face des faisceaux libériens, puis se dissocient par pénétration des éléments de ces faisceaux, et en certains points se confondent si bien avec eux que le liber à la base du pétiole repose sur la couche protectrice.

Le tissu conjonctif central pénètre au milieu des éléments des faisceaux vasculaires. Ceux-ci prennent l'aspect d'un V dont la pointe tournée vers l'extérieur est formée par la trachée primitive. A la suite de cet écartement, les vaisseaux les plus larges, formés en dernier lieu, viennent s'appuyer contre les extrémités des faisceaux libériens. La trachée primitive est ensuite repoussée vers l'intérieur par interposition de tissu conjonctif entre cette trachée et le péricambium (fig. 4). Repoussée de plus en plus profondément par la multiplication de ce tissu la trachée primitive entraîne les éléments vasculaires voisins et bientôt les deux branches du V se trouvent sur le prolongement l'une de l'autre (fig. 5). Comme conséquence apparaissent deux faisceaux libéro-ligneux opposés, confondus par leur extrémité interne, formant une sécante au cylindre central. Ils ont les caractères des faisceaux de la tige sans en avoir l'orientation.

Cette disposition des faisceaux est dite tangentielle par M. Dodel; je substituerai à cette appellation celle de *sécantielle* qui rend compte beaucoup plus exactement de la position des faisceaux et sans laisser de doute.

Lors de la séparation des faisceaux libéro-ligneux qui s'infléchissent dans les cotylédons, les masses vasculaires opposées tournent sur les trachées médianes communes afin de se rapprocher et de se confondre (fig. 6). A la base du pétiole la fusion est faite et l'on ne trouve plus qu'une seule masse vasculaire centrifuge à la place de chaque faisceau centripète de la racine. Les masses libériennes opposées entraînées dans le mouvement ne se confondent point; elles demeurent séparées par les cellules rhizogènes et les cellules conjonctives qui ont repoussé la trachée primitive.

Simultanément les faisceaux libériens se divisaient en trois masses égales. Nous avons déjà suivi jusque dans les cotylédons les deux latérales qui se superposent aux demi-faisceaux vasculaires de la racine; la partie médiane, plutôt procambiale que libérienne, donne naissance à sa face interne, dans l'ordre centrifuge, à de petites trachées. Les faisceaux libéro-ligneux ainsi constitués ont dès leur naissance tous les caractères des faisceaux de la tige. Ils se divisent bientôt en trois masses, deux petites latérales qui deviennent les nervures latérales des cotylédons, la médiane plus volumineuse passe dans le premier entre-nœud. La moelle s'agrandit par la dilatation du cylindre central, par le rejet du liber vers la couche rhizogène, enfin par sa pénétration au milieu des faisceaux pour donner naissance aux rayons médullaires. Les faisceaux vasculaires provenant du même groupe vasculaire radical restant connivents, il ne se forme pas de rayon médullaire proprement dit au milieu des faisceaux vasculaires radicaux.

Papavéracées. — *Argemone grandiflora.* Le végétal étudié mesure 6 centimètres à la naissance des cotylédons. Le changement d'épiderme s'opère à 4 centimètres au-dessous de ce point et ne correspond nullement à un renflement de l'axe. La racine est normale. Les cellules arrondies de l'épiderme sont trois fois plus petites que celles de la membrane épidermoïdale. Les cellules du parenchyme cortical sont toutes arrondies. La membrane rhizogène simple en face des faisceaux libériens est double entre eux. Les faisceaux ligneux au nombre de deux sont réunis au centre et composés de trois ou quatre trachées rangées sur une seule file. Les faisceaux libériens ne sont séparés des faisceaux vasculaires que par une rangée de cellules conjonctives déjà en voie de segmentation vers la base de la racine. Le cylindre cortical se comporte de la même façon que celui du *Nigella Damascena.* Le cylindre central présente la structure de la racine jusqu'à l'insertion des cotylédons.

La moelle apparaît à 1 centimètre et demi au-dessus du changement d'épiderme, disparaît puis reparaît un centimètre plus haut; elle n'est, du reste, représentée jusqu'à la naissance des cotylédons (1 millimètre au-dessous) que par une seule cellule qui divise inégalement la lame vasculaire. Les cellules de l'endoderme tendent à s'arrondir dans la partie supérieure de la tigelle, elles restent cependant fort visibles sur toute la longueur de l'axe hypocotylé. La membrane rhizogène conserve ses caractères jusque dans les cotylédons; elle ne disparaît pas en face des faisceaux libériens. Les faisceaux conducteurs ne subissent de modifications capitales qu'au sommet de la tigelle (dans le dernier millimètre). Les faisceaux libériens s'étalent le long du péricambium et se rapprochent ainsi des extrémités de la lame vasculaire, puis se divisent en trois masses par pénétration du tissu conjonctif entre leurs éléments. La partie médiane procambiale passe entièrement dans le premier entre-nœud et y forme des faisceaux libéro-ligneux radiaux ayant les caractères de ceux de la tige; les parties latérales vont s'opposer aux demi-faisceaux vasculaires voisins et passer dans les cotylédons.

Les faisceaux vasculaires conservent dans la tigelle leur orientation centripète, mais ils se modifient en augmentant le nombre de leurs éléments aux dépens, il est vrai, de leur diamètre, de telle façon qu'ils restent unisériés. Dans leur marche oblique pour se rendre aux cotylédons, ils se ramassent d'abord sur eux-mêmes pour former un cordon massif, puis la moelle s'agrandissant tout à coup pénètre au milieu d'eux, et les divise longitudinalement en deux parties réunies en V par les trachées primitives. Ce mouvement amène la juxtaposition des éléments ligneux et libériens, et à la base du pétiole, le liber ayant marché plus rapidement que le bois, nous trouvons deux faisceaux libéro-ligneux réunis par leur portion interne et nettement orientés selon la sécante. Nous avons rencontré cette orientation chez la Nigelle, un peu plus bas, au sommet de la tigelle. Les phénomènes de transition sont moins actifs chez l'*Argemone* que chez la *Nigella*. Dans ces deux exemples les faisceaux conducteurs de la racine passent entièrement dans les cotylédons.

Ce végétal nous présente d'une façon évidente : 1° la multiplication du nombre des éléments des faisceaux vasculaires sur le parcours de la tigelle ; 2° le groupement nouveau de ces éléments qui rend plurisérié le faisceau unisérié plus bas, groupement qui permet la pénétration de la moelle au milieu du faisceau et sa segmentation en deux masses symétriques et consistantes. Ces deux faits sont capitaux; ils se reproduisent d'une façon constante au moment où les faisceaux vasculaires vont changer d'orientation : ils en sont les précurseurs.

Le cylindre central reste fort étroit sur le parcours entier de la tigelle, il est à peine besoin de le dire après avoir montré l'état rudimentaire de la moelle dans cet organe.

Fumariacées. — *Fumaria grandiflora* (fig. 7-10, pl. 15). Bien que ce végétal nous présente encore le cylindre central de la racine peu modifié sur toute la longueur de la tigelle, nous trouverons cependant à la base des cotylédons la fusion des deux faisceaux libéro-ligneux provenant du même groupe vasculaire et la formation d'un faisceau ayant entièrement les caractères de ceux de la tige (fig. 10), disposition que nous n'avons pas vue dans les exemples précédents. Nous verrons aussi la superposition des faisceaux ligneux et libériens s'opérer par un mode que nous ne connaissons pas encore. La division des faisceaux vasculaires en V n'a pas lieu.

La plantule est grêle, elle mesure 0^m,05. La racine très longuement conique, presque cylindrique, a une longueur de 0^m,03. Elle présente le type binaire et porte de nombreuses radicelles disposées sur deux lignes opposées. La tigelle se termine par des cotylédons lancéolés.

La structure de la racine est normale. Son épiderme est formé de petites cellules demi-cylindriques, trois fois plus petites que les cellules de la membrane épidermoïdale dont les cellules polyédriques et subérifiées vers leur face externe sont encore formées de cellulose à leur face interne. Le cylindre cortical comprend cinq rangs de cellules arrondies. Les membranes protectrice et rhizogène sont bien caractérisées (fig. 7). Chaque faisceau vasculaire comprend une dizaine d'éléments disposés sur deux rangs parallèles ; ils se réunissent au centre. Les faisceaux libériens sont séparés des précédents par une à trois rangées de cellules conjonctives.

La membrane épidermoïdale disparaît avec l'apparition de la cuticule. Les cellules de l'épiderme se modifient peu à peu sur le trajet entier de la tigelle. Au sommet de cet organe, il est formé de cellules allongées radialement aussi développées que les cellules sous-jacentes. L'endoderme arrondit peu à peu ses cellules, perd ses stigmates, et dans la partie supérieure de la tigelle, où vont se passer les phénomènes les plus importants, il ne sera plus reconnaissable qu'à la présence dans ses cellules des grains d'amidon réfringents qui lui ont fait donner le nom d'assise amylifère.

La moelle apparaît $0^{m},005$ après le changement d'épiderme ; elle n'est représentée que par trois ou quatre cellules jusqu'à $0^{m},005$ des cotylédons, point où elle s'élargit très rapidement (fig. 8). Les faisceaux libériens se coupent en deux parties ; un peu après l'apparition de la moelle, ces parties se rendent entièrement aux cotylédons. Elles se réunissent cependant de nouveau pendant quelque temps dans la partie supérieure de la tigelle par l'intermédiaire du procambium générateur des faisceaux conducteurs du premier entre-nœud se mettant en relation avec la racine.

Aussi longtemps que les faisceaux vasculaires restent appuyés contre le péricambium la génération du cambium est dans l'axe hypocotylé celle du cambium de la racine. Le *Fumaria* nous en montre un exemple ; mais la formation hâtive du cambium dans ce végétal met en lumière un autre fait moins évident chez le *Nigella* et l'*Argemone*. La superposition du bois au liber n'est jamais immédiate dans l'axe hypocotylé ; le tissu cambial intralibérien de la racine restera toujours interposé entre les deux éléments. Ce fait, que je signale pour la première fois, est général ; il est facile à observer dans tous les cas où les éléments n'étant pas trop exigus, les phénomènes de superposition se passent dans l'intérieur même de la tigelle et non dans le trajet des faisceaux pour les cotylédons ; que le tissu conjonctif soit en voie de segmentation, comme c'est le cas ici, ou non (*c*, fig. 8-9).

Après l'apparition de la moelle, les faisceaux vasculaires sont repoussés vers la membrane rhizogène et groupent leurs éléments en masses cunéiformes centripètes. Le nombre des vaisseaux qui composent ces coins reste à peu près constant jusqu'à $0^{mm},005$ des cotylédons ; là il augmente rapidement, mais les vaisseaux les plus intérieurs diminuent de diamètre et le faisceau devient plus homogène. La moelle, en s'agrandissant, comprime la face interne des faisceaux vasculaires ;

ceux-ci s'élargissent toujours davantage; ils finissent par rencontrer les extrémités des faisceaux libériens et s'y opposent par leurs parties profondes. Des cellules conjonctives apparaissent ensuite entre les trachées primitives et la couche rhizogène; en se multipliant (il y en a bientôt trois rangs) elles repoussent les faisceaux vers l'intérieur. Comprimés sur leurs deux faces, les faisceaux s'écrasent et chacun prend une disposition en lame, lame dont la direction est perpendiculaire à celle du faisceau vasculaire de la racine (fig. 9). Les trachées primitives, occupent le centre de cette lame dont les extrémités s'appuient sur les faisceaux libériens voisins. Il y a là en réalité deux faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante et confondus par leurs trachées. Aussitôt après leur formation ces faisceaux tournent sur leur partie profonde afin de se réunir. La fusion débute par le bois; lorsque les cotylédons s'isolent, les deux masses libériennes sont presque entièrement confondues (fig. 10).

Le péricambium se retrouve facilement jusqu'au point où la formation des faisceaux libéro-ligneux se trouve être un fait accompli. Au delà ses cellules diminuent de volume très rapidement en face du liber; elles finissent par se confondre avec lui et disparaissent même tout à fait. En face des rayons parenchymateux ses cellules s'arrondissent; elles conservent leur diamètre primitif, si même elles ne l'augmentent point.

Crucifères. — *Raphanus niger* (fig. 11-15, pl. 15). L'embryon développé du *R. niger* mesure environ $0^m,03$. La tigelle en prend $0^m,016$ pour sa part.

La racine longuement conique donne insertion à la tigelle sans se renfler à son extrémité supérieure; elle porte deux séries opposées de radicelles. Sa structure est normale; elle présente les particularités suivantes : la rangée de cellules sous-jacente à la membrane épidermoïdale est la seule du parenchyme cortical qui soit polyédrique; le péricambium simple est formé par un nombre de cellules double de celui des éléments de l'endoderme; les deux faisceaux vasculaires sont réunis au centre, la lame qu'ils forment ne comprend qu'une seule série de vaisseaux. Les cellules libériennes aussi larges que celles du tissu conjonctif, très puissant dans cet échantillon, s'en distinguent mal (fig. 11). Le cambium intralibérien apparaît de bonne heure et se développe aux dépens des trois rangées externes du tissu conjonctif.

Le passage est localisé dans la tigelle, mais la structure de la tige ne s'observe qu'à la base du premier entre-nœud.

L'épiderme, la membrane épidermoïdale, le cylindre cortical se comportent comme dans les cas précédents. Les cellules épidermoïdales restent cependant légèrement polyédriques, elles diminuent sensiblement de volume; les cellules épidermiques, au contraire, ne cessent de s'accroître.

Le cylindre central de la racine se continue jusqu'au milieu de la tigelle. Dans la moitié supérieure de cet organe ses éléments sont en voie de déplacement continuel; cependant le renversement des faisceaux ligneux se produit ici encore moins activement que chez l'*Argemone grandiflora*. A leur pénétration dans les cotylédons leur direction est encore centripète, les vaisseaux disposés en V, c'est-à-dire dans une des premières phases du passage.

L'endoderme tend à agrandir et arrondir ses cellules dès le milieu de la tigelle, il perd alors complètement ses stigmates. La membrane rhizogène reste intacte jusqu'à la base des cotylédons. Lorsqu'elle doit disparaître, elle ne le fait ordinairement qu'après la formation des faisceaux libéroligneux radiaux caractéristiques de la tige. Cette condition, avons-nous dit, ne se réalise pas dans l'axe hypocotylé du *R. niger*.

Les faisceaux libériens se séparent en deux masses vers le milieu de la tigelle (fig. 13), chaque partie se rapproche des faisceaux vasculaires. Deux à trois millimètres avant la naissance des cotylédons, les deux fragments s'étalant latéralement se rapprochent et s'unissent de nouveau mais pour très peu de temps, car avant la séparation des feuilles séminales ce large faisceau se coupe d'abord en trois parties (fig. 14), puis, par une nouvelle scission, donne naissance à deux faisceaux intermédiaires. Sur ces cinq masses (fig. 15), la médiane passe dans le premier entre-nœud après avoir acquis à sa face interne quelques trachées à développement centrifuge, les autres se rendent dans les cotylédons.

La moelle apparaît seulement dans la seconde moitié de la tigelle, elle ne cesse de s'accroître jusqu'à l'insertion des cotylédons.

Les faisceaux vasculaires vont se comporter d'une façon nouvelle. Ces faisceaux vasculaires des *Nigella* et des *Fumaria* avaient déjà suivi des marches différentes. Ils ne sont ici que très faiblement repoussés vers l'extérieur lors de l'apparition de la moelle, leur division se fait par un mode spécial : ils se séparent en trois masses. Vers la moitié de la tigelle, le tissu conjonctif s'introduit latéralement entre les éléments de la lame vasculaire dont le nombre s'est augmenté en même temps que le diamètre des plus larges diminuait, il les disjoint et chassant les uns à droite les autres à gauche (fig. 12), il les adosse au tissu cambial opposé au liber voisin. La pénétration du tissu conjonctif s'arrête devant les trachées primitives qui, rassemblées en un petit faisceau, demeurent accolées à la membrane rhizogène. Elles se séparent même du reste de la masse générale qui se trouve ainsi divisée en trois fragments (fig. 13 *tp*). Ce fait a déjà été signalé par M. Van Tieghem dans le *Tagetes patula* : dans ce végétal la trachée la plus étroite se sépare seule du faisceau ; la scission porte ici sur quatre ou cinq vaisseaux. Les masses vasculaires opposées au liber suivent ensuite tous les mouvements de cet élément. A la base des cotylédons nous trouverons, outre nos deux faisceaux trachéens, dix faisceaux libéro-ligneux. Parmi ceux-ci (fig. 15), les médians se rendent dans le premier entre-nœud ; leurs voisins vont former les nervures latérales des cotylédons ; les latéraux d'un même côté s'unissent pour en former la nervure médiane. Cette jonction s'effectue (fig. 14) à l'extrémité de la tigelle et se fait par l'intermédiaire des faisceaux trachéens qui quittent enfin la couche rhizogène et font la moitié du chemin, le reste étant fait par le rapprochement des faisceaux libéro-ligneux. Les éléments vasculaires présentent alors le même groupement en V que j'ai représenté chez le *Nigella Damascena* dans la figure 4. Le renversement total des faisceaux vasculaires ne s'achève que dans la pétiole.

En résumé, nous voyons chez le *Raphanus niger :* 1° le bois conserver l'orientation centripète sur toute la longueur de la tigelle ; 2° la séparation des trachées primitives du corps principal du faisceau ; 3° la formation des nervures latérales des cotylédons dans la tigelle. Il nous montre aussi la nécessité du refoulement des trachées vers l'intérieur par interposition du tissu conjonctif entre ces trachées et le péricambium, refoulement qui peut seul amener la superposition de la portion externe du faisceau vasculaire au faisceau libérien, le développement de la moelle amenant la juxtaposition des parties internes. Plus vite il s'opérera, plus vite se réalisera la structure de la tige. Ici rien de tel, le bois conserve l'orientation centripète.

Résédacées. — *Reseda alba.* Les phénomènes de passage se produisent chez ce végétal à peu de chose près comme chez l'*Argemone grandiflora.* La structure de la tige ne s'observe en aucun point de l'axe hypocotylé. A la base du pétiole, les faisceaux libéro-ligneux sont orientés selon la sécante.

Le diamètre de la plantule est très étroit. Le pivot ne mesure que 4 millimètres ; la tigelle 20. Les cotylédons sont très petits.

La radicule extrêmement grêle a la structure normale d'une racine binaire. Les cellules de l'épiderme absorbant encore en très bon état recouvrent une membrane épidermoïdale non subérifiée et conséquemment peu caractérisée. L'endoderme est mieux caractérisé dans la partie inférieure de la tigelle que dans la racine. Le diamètre des cellules péricambiales, très développé en face des faisceaux vasculaires, décroît peu à peu en avançant vers le milieu des faisceaux libériens. Les faisceaux vasculaires réduits à trois trachées étroites disposées en une seule série ne se réunissent pas au centre. Les faisceaux libériens sont également peu développés.

Avec le changement d'épiderme le diamètre du végétal augmente, mais dans des proportions assez faibles ; le cylindre central de la racine s'étend avec toute sa pureté jusqu'à 3 millimètres des cotylédons.

L'épiderme se modifie lentement. Ce n'est que dans le voisinage des cotylédons qu'il est formé de cellules aplaties fortement cuticularisées. Entre la base de la racine et le point où commencent les phénomènes de passage, les seules modifications à signaler portent sur l'apparition de nouveaux vaisseaux à la face profonde des faisceaux vasculaires. Ceux-ci atteignent le centre, s'unissent et causent la disparition de la moelle. Les faits suivants se passent tous dans les 3 millimètres supérieurs de la tigelle. L'endoderme perd ses stigmates, arrondit ses cellules et se confond avec les éléments plus externes du cylindre cortical. Les cellules du péricambium opposées au liber disparaissent peu à peu ; leur disparition totale ne s'observe cependant que dans les cotylédons.

Les faisceaux libériens se divisent chacun en cinq masses, comme ceux des *Nigella* et *Raphanus*. Les faisceaux vasculaires se développent davantage (la lame vasculaire comprend une quinzaine d'éléments en ce point) égalisent leurs éléments et se préparent à la division. La moelle reparaît au centre, refoule les masses vasculaires vers l'extérieur et de lamelleuses les rend cunéiformes. Elle pénètre ensuite dans leur intérieur, les coupe en V et amène en écartant les branches un commencement de juxtaposition des éléments conducteurs de la sève.

Alors s'opère la séparation des cotylédons. Le cylindre central devient elliptique ; les faisceaux procambiaux se rapprochent du centre pour passer dans le premier entre-nœud encore à l'état embryonnaire. Les faisceaux libéro-ligneux s'en écartent au contraire. Le liber marche plus vite que le bois, l'opposition s'achève. Les trachées primitives sont de tous les éléments ceux qui se déplacent le plus lentement. Bref, lorsque les faisceaux sont arrivés à hauteur convenable ils possèdent l'orientation sécantielle.

La structure de la tige ne s'observera que dans le premier entre-nœud, le collet comprend ici toute la longueur de la tigelle.

VIOLARIÉES. — *Viola odorata*. Le passage est essentiellement le même chez le *V. odorata* que chez le *Nigella Damascena*. Je n'appellerai donc l'attention que sur certains faits de valeur secondaire et propres au végétal qui nous occupe.

La racine est à peu près cylindrique sur la plus grande partie de sa longueur; elle est conique dans sa partie supérieure pour se mettre en concordance avec le diamètre de la tigelle. Cette racine mesure 2 centimètres environ; la tigelle en compte trois et se termine par deux petits cotylédons elliptiques.

Le pivot présente encore le type binaire; sa structure est normale; ses faisceaux ligneux formés de deux rangs de vaisseaux ne laissent pas de moelle. La membrane épidermoïdale est des plus nettes. Au sommet de la tigelle, la couche qui la remplace est légèrement collenchymateuse.

L'endoderme passe peu à peu à l'état d'assise amylifère à cellules arrondies. La membrane rhizogène se comporte comme d'habitude. Elle ne disparaît en partie devant les faisceaux libériens qu'après la formation des faisceaux libéroligneux.

Le cylindre central conserve les caractères de cette partie de la racine jusqu'à 10 millimètres des cotylédons : soit sur les deux tiers de la tigelle; le passage n'est sensible et rapide que dans les 5 millimètres supérieurs. La première division du liber ne s'opère qu'à 6 millimètres des cotylédons; il ne se forme que trois masses; les nervures secondaires des feuilles séminales ne se libèrent que dans ces organes. La moelle se fait jour à 10 millimètres des cotylédons. La multiplication des vaisseaux et la pénétration du tissu conjonctif entre le péricambium et les trachées primitives se fait à la même hauteur. Ce dernier phénomène est plus hâtif ici que chez le *Nigella* où il n'avait lieu qu'après la pénétration de la moelle au sein du faisceau, pénétration qui lui donnait la forme d'un V. Cette disposition ne s'observe dans le *Viola odo-*

rata que 4 millimètres plus haut. Le faisceau primitivement cunéiforme entamé par sa face interne prend, pendant un certain temps, une disposition intermédiaire en Y (fig. 16, pl. 16). La superposition des éléments ligneux et libériens se fait toujours par l'intermédiaire des cellules conjonctives mères du cambium.

Au sommet de la tigelle, les faisceaux libéro-ligneux ont l'orientation sécantielle. A la base des cotylédons, les deux faisceaux voisins sont en voie de fusion.

Le premier entre-nœud étudié sur un végétal plus âgé présente dès sa base la structure normale de la tige, à cela près cependant que le rapport convenable entre la puissance du cylindre central et celle du cylindre cortical ne s'est pas encore parfaitement établi. Le dernier est encore un peu trop développé.

Sans être d'un rigorisme absolu, l'insertion des cotylédons marquera encore ici la limite supérieure du collet qui comprendra la tigelle entière, soit 3 centimètres. C'est le cas ordinaire jusqu'à présent.

Caryophyllées. — *Silene inflata.* Il était intéressant de s'assurer si le diamètre du végétal n'influait en rien sur la rapidité des phénomènes de passage. A ce point de vue le *Silene inflata* se présentait comme un sujet spécial en raison de ses dimensions exiguës. Nous verrons plus loin en étudiant des plantules extrêmement volumineuses, comparées à celles que nous avons analysées jusqu'à présent, que l'on trouve généralement la structure de la tige sur tout ou partie de la tigelle lorsque celle-ci est puissante.

Le *Silene inflata* montre que *passé un certain développement de la plantule, le diamètre ne joue plus aucun rôle.* D'un autre côté, les difficultés matérielles m'ayant forcé à m'adresser à un certain nombre d'échantillons, j'ai pu éclairer un autre point non moins intéressant. *La rapidité du passage n'est pas exactement la même pour différents sujets pris dans la même espèce.* Certains se comportant comme le *Nigella* présentaient, au sommet de la tigelle, des f. vasculaires avec l'orientation sécantielle; d'autres, moins avancés, ne montraient au même point que la disposition en V. Ces végétaux se rapprochaient des *Raphanus* et *Reseda*.

La racine cylindrique sur la plus grande partie de son parcours est conique au sommet; elle mesure 2 centimètres. La tigelle plus courte ne compte que 1 centimètre. Les cotylédons très petits sont lancéolés. La structure du pivot est des plus normales. Les cellules épidermiques semblent se relever toutes en poils radicaux. Elles sont arrondies, trois fois plus petites que celles de la membrane épidermoïdale. Celle-ci est fort nette; c'est en étudiant cette plante et le *Lychnis githago* que j'ai eu pour la première fois l'idée de son existence. Les faisceaux vasculaires, au nombre de deux, sont unis au centre, unisériés.

Je décrirai le passage dans le sujet où il était le plus avancé au sommet de l'axe hypocotylé.

L'épiderme et la membrane épidermoïdale se comportent toujours comme dans les cas précédents. Je crois même inutile de revenir plus loin sur les transformations de ces éléments qui se comportent d'une façon à peu près identique dans le règne végétal entier : la cuticule apparaît rapidement à la surface des cellules épidermiques, mais les transformations morphologiques de ces cellules sont lentes et s'étendent sur une portion plus ou moins longue de la tigelle. La membrane épidermoïdale disparaît, en tant qu'organe protecteur, avec l'apparition de la cuticule.

L'endoderme, vers le sommet de la tigelle, est passé à l'état d'assise amylifère. Le cylindre central conserve la structure de cette partie de la racine jusqu'au milieu de la tigelle. La couche rhizogène ne disparaît que dans les cotylédons et seulement en face du milieu des faisceaux libériens. La première modification porte sur les faisceaux vasculaires qui presque au même point : 1° doublent le nombre de leurs éléments; 2° se laissent pénétrer latéralement par le tissu conjonctif qui désunit les vaisseaux, fait déjà signalé chez le Raphanus et représenté dans la fig. 12 de la pl. 15; 3° se séparent de la membrane rhizogène par interposition de tissu conjonctif. La moelle apparaît vers le tiers supérieur de la tigelle; elle s'introduit au milieu des éléments vasculaires, leur fait prendre la disposition en V. Elle les repousse ensuite latéralement un à un, et amène la superposition au liber des plus intérieurs.

Enfin ce n'est qu'immédiatement au-dessous des cotylédons qu'on voit les faisceaux libériens se diviser et la formation des faisceaux libéro-ligneux sécantiels par le refoulement vers l'intérieur des trachées primitives. Dans ces exemples les faisceaux sécantiels sont complètement isolés par pénétration du tissu conjonctif au milieu des trachées primitives. Pour la première fois, nous voyons apparaître un véritable rayon médullaire à la place du faisceau vasculaire radical. Il ne persiste pas longtemps ici; à la base des cotylédons, les deux faisceaux se rapprochent et s'unissent en un faisceau médian à bois centrifuge.

En résumé, malgré son faible diamètre le *Silene inflata* ne se comporte pas autrement que les végétaux précédemment étudiés; nous trouvons même chez quelques sujets une structure plus approchée de celle de la tige que celle que nous avons observée au sommet de la tigelle chez l'*Argemone* et le *Raphanus*.

Le collet s'étend encore ici sur toute la longueur de la tigelle.

Lychnis githago. — L'embryon développé du *L. githago* a trois fois environ les dimensions de celui du Silene; sa tigelle, mesurant 2 centimètres, a une longueur double; malgré cela les diverses phases du passage se produisent chez ces deux végétaux relativement à la même hauteur et dans le même ordre. Le passage fait un pas de plus chez le *Lychnis* : la tigelle possède à son extrémité une disposition de ses éléments très voisine de celle des éléments de la tige (fig. 17). Une légère inclinaison des faisceaux libéro-ligneux montre seule que le passage n'est pas terminé; elle s'efface totalement dès la base des cotylédons.

La structure de la racine est celle de la racine du *Silene* avec des éléments plus nombreux.

L'appareil tégumentaire se modifie peu après la cessation des poils radicaux. Le cylindre central de la racine se continue jusqu'au delà de la moitié de la tigelle. Là se produisent la multiplication des vaisseaux, la dislocation des faisceaux vasculaires par introduction du tissu conjonctif entre leurs éléments et leur séparation de la couche rhizogène. Cet état transitoire se maintient jusqu'à 1 millimètre des cotylédons sans autre changement que le report de plus en plus accentué vers l'intérieur des trachées primitives par le développement du tissu conjonctif interposé entre elles et le péricambium. Elles sont ainsi amenées en face du liber.

Les phénomènes se passent donc en grande partie au sommet de la tigelle. Les faisceaux libériens s'étendent le long de la membrane rhizogène, se rapprochent des faisceaux vasculaires et se divisent en trois masses. La moelle apparaît, et, repoussant un à un les vaisseaux isolés contre les faisceaux libériens, donne naissance aux faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante; les trachées sont déjà, nous l'avons vu, à la hauteur convenable. Les faisceaux s'isolent de la même façon que chez le *Silene*. Selon la tendance habituelle, les faisceaux qui ont tiré leur bois du même groupe vasculaire radical tendent à s'unir. Dans le déplacement, ils perdent leur orientation anomale. Les faisceaux isolés en se rapprochant tournent sur leur extrémité interne, et se placent à peu près parallèlement sur le prolongement de deux rayons très rapprochés. Pour cette raison leur fusion n'est pas progressive comme dans les cas précédents, mais se fait par toute leur face latérale à la fois. La fusion est de courte durée; aussitôt commencée, le faisceau libéro-ligneux se divise en trois masses inégales, origines de la nervure principale et des deux latérales. Ces derniers faits sont peu importants; l'orientation presque radiale des faisceaux libéro-ligneux que nous observons pour la première fois dans la tigelle même l'est bien davantage pour nous qui nous efforçons de trouver la réalisation de la structure de la tige aux dépens des éléments provenant directement de la racine. En résumé, les limites du collet sont encore ici celles de la tigelle.

Linées. — *Linum usitatissimum.* — Avec le lin nous faisons un nouveau pas. L'orientation des faisceaux libéro-ligneux est tout à fait radiale dans la partie supérieure de la tigelle. La largeur trop considérable du cylindre cortical qui occupe encore les deux tiers du rayon, vient seule empêcher l'assimilation complète à la tige ; il a, pourtant, déjà beaucoup perdu de son importance : il formait les 8/9es de la racine (fig. 19 et 20, pl. 16).

La plantule fort longue mesure près de 10 centimètres. La tigelle y entre pour les trois quarts environ (7 centimètres). La racine grêle dans sa partie terminale accroît brusquement son diamètre vers son milieu ; il n'y a aucune différence entre le volume de la racine prise à sa base et celle de la tigelle.

La structure de la racine est normale ; la membrane épidermoïdale est bien nette ; le cylindre central présente le type binaire déjà accusé extérieurement par une double série de radicelles.

Les phénomènes de passage sont très lents ; ils débutent avec la tigelle et ne s'achèvent qu'immédiatement avant la naissance des cotylédons. *Le collet mesure donc 7 centimètres.*

Le système tégumentaire, le cylindre cortical, les membranes protectrice et rhizogène se comportent comme dans les cas précédents. Ces dernières, au sommet de la tigelle, sont difficiles à séparer du tissu conjonctif qui les environne.

La moelle apparaît presque aussitôt après le changement d'épiderme ; peu puissante d'abord, elle se contente de séparer les faisceaux vasculaires unis dans la racine et de les repousser vers le péricambium ; puis s'agrandissant, nous la voyons sur le parcours du deuxième centimètre comprimer davantage ces faisceaux et leur faire prendre la forme d'un coin à large base ; pénétrant ensuite peu à peu dans leur intérieur, elle leur donne la configuration d'un Y, puis celle d'un V. J'ai déjà signalé et représenté cette division lente des faisceaux vasculaires chez le *Viola odorata* (pl. 16, fig. 16). Pendant le trajet du troisième centimètre, les trachées primitives sont d'abord repoussées vers l'intérieur par l'apparition puis la multiplication des cellules conjonctives et le péricambium; plus haut le mouvement des trachées s'arrête; elles se séparent des parties profondes du faisceau formant les branches du V et déjà opposées au liber. Nous avons vu quelque chose de semblable chez le *Raphanus niger* (pl. 15, fig. 13). Cette structure ne se conserve pas longtemps; dans les 3 centimètres supérieurs, les trachées isolées partent une à une, les unes à droite, les autres à gauche et rejoignent les grosses masses vasculaires latérales (pl. 16, fig. 18). Elles se rassemblent sur le bord le plus rapproché de ces masses et les faisceaux libéro-ligneux, tout en étant isolés, prennent une orientation intermédiaire entre la disposition centripète et l'orientation sécantielle. Les faisceaux de la nervure médiane des cotylédons du *Raphanus* (pl. 15, fig. 15) présentaient cette disposition à la naissance de ces organes. Les trachées primitives se reportent ensuite peu à peu vers le milieu des faisceaux, l'orientation sécantielle apparaît; puis, par le même procédé que nous avons décrit chez le *Lychnis*, les deux faisceaux d'une même paire se rapprochent en tournant sur eux-mêmes pour prendre l'orientation normale (pl. 16, fig. 19). Avant de pénétrer dans les cotylédons, chacun d'eux se divise latéralement; les deux masses médianes se rapprochent, se confondent et forment la nervure médiane des cotylédons; les autres en constitueront les nervures secondaires (fig. 20, *nm*, *nl*).

Les faisceaux libériens se scindent en trois dès le deuxième centimètre (fig. 18). Vers la naissance des cotylédons le faisceau procambial médian (*fvt*, fig. 18, 19, 20) donne naissance à trois, puis à cinq petits faisceaux libéro-ligneux radiaux, qui passent tous dans le premier entre-nœud. Les masses latérales suivent le bois aussitôt après la juxtaposition de ces deux éléments.

MALVACÉES. — *Althæa rosea*. Ce végétal présente pour nous un intérêt tout particulier. Il nous fournit le premier exemple d'un pivot possédant quatre faisceaux vasculaires; deux de ces faisceaux se comportent d'une façon toute nouvelle.

La plantule mesure 9 centimètres; elle est plus volumineuse qu'aucune de celles que nous avons passées en revue tout en conservant des dimensions moyennes. La racine très longuement conique atteint insensiblement le volume de la tigelle. Celle-ci mesure 5 centimètres et se termine par deux cotylédons foliacés.

La structure de la racine est normale, le cylindre cortical est puissant. Les stigmates de la couche protectrice sont peu évidents; le nombre des cellules de cette membrane est double de celui des cellules de l'avant-dernière couche du parenchyme cortical. Le cylindre central (fig. 21, pl. 16) présente quatre faisceaux vasculaires disposés en croix, largement séparés par une moëlle volumineuse. Les faisceaux libériens alternes sont très petits et se distinguent mal du tissu conjonctif.

Les parties extérieures à la membrane rhizogène suivent la marche habituelle. Le péricambium disparaît en face du milieu des faisceaux libéro-ligneux et procambiaux, il persiste dans les autres points avec une puissance différente; son maximum de développement correspond toujours à l'ancien emplacement des faisceaux vasculaires radicaux qui donneront naissance aux nervures médianes des cotylédons. Un centimètre et demi après le changement d'épiderme, les faisceaux libériens se divisent en deux masses égales; chacune se rapproche du faisceau vasculaire voisin et facilite ainsi la superposition du bois. Ces faisceaux semblent n'avoir rien de commun avec le procambium destiné au premier entre-nœud (fig. 21-24 *fl*, pl. 16).

Il convient de séparer de prime abord les faisceaux vasculaires en deux groupes formés chacun par une des branches de la croix. L'un donnera naissance aux nervures médianes des cotylédons, l'autre aux nervures latérales de cet appendice. Ils se comporteront très différemment. Les faisceaux du premier groupe (*nm*, fig. 21-25, pl. 16) conservent leur faciès radical jusqu'à 4 millimètres des cotylédons (fig. 21-23); ils subissent là le sectionnement en V (fig. 24); leurs éléments se dissocient ensuite pour se superposer un à un au liber et donnent ainsi naissance à des faisceaux libéro-ligneux qui pénètrent dans les cotylédons (fig. 25) avec cette disposition intermédiaire entre l'orientation centripète et l'orientation sécantielle, disposition représentée dans les fig. 15-18. En résumé le passage est peu actif dans ce groupe, il n'est pas poussé plus loin que chez le *Raphanus niger*. Les mouvements commencent dans le second groupe, 2 centimètres plus bas que dans le premier, soit à 25 millimètres des cotylédons. Ces faisceaux doublent premièrement le nombre de leurs éléments et les disposent en deux séries parallèles. Le tissu conjonctif, en s'introduisant ensuite au milieu d'eux par leurs deux extrémités à la fois, les sépare complètement en deux masses parallèles (*fvnl*, fig. 22). Ils s'écartent peu à peu l'un de l'autre, mais conservent leur parallélisme jusqu'à un centimètre des cotylédons. Le tissu conjonctif se multiplie alors entre les extrémités internes, les faisceaux s'inclinent et se superposent en partie au liber voisin (fig. 23). Les faisceaux libéro-ligneux, ainsi disposés, possèdent la même orientation que les faisceaux de la nervure médiane au moment de leur pénétration dans les cotylédons; ils la perdent bientôt par une sorte de contraction qui rapproche peu à peu les trachées non opposées au liber des vaisseaux qui ont déjà opéré leur jonction avec cet élément. Je ne puis mieux comparer ce mouvement qu'à celui d'un morceau de caoutchouc fixé par une de ses extrémités, revenant sur lui-même après avoir été étiré. Le point fixe correspond ici aux vaisseaux les plus larges unis au liber, l'extrémité libre aux trachées primitives. Ce mouvement achevé, les faisceaux présentent l'orientation sécantielle (*nl*, fig. 24, 25). Ils la conservent à peu de chose près jusque dans les cotylédons.

Le procambium (*pcx*, fig. 22-24) apparaît entre les demi-faisceaux du deuxième groupe aussitôt après leur formation. Il s'étend, comblant le vide, au fur et à mesure que ces faisceaux s'éloignent l'un de l'autre; à la naissance des cotylédons (fig. 24) il prend un développement énorme.

Le diamètre du cylindre central s'accroît notablement dans le parcours de la tigelle. Ne formant que le 1/6 de la racine il constitue le 1/3 de la tigelle à 5 millimètres des cotylédons avant l'écartement excessif des faisceaux causé par la proximité de ces organes.

GÉRANIACÉES. — Avec le *Geranium sanguineum* nous retrouvons le type binaire. Ce que j'ai dit précédemment sur les végétaux présentant une structure analogue me permet d'être bref, les phénomènes de passage ne présentant rien qui soit nouveau pour nous.

La plantule mesure 3 centimètres. La racine, longuement conique, s'attache sur la tigelle sans donner lieu à un changement brusque dans le diamètre de l'axe. La partie lisse se termine par des cotylédons étalés à longs pétioles engainants, elle est longue de 16 millimètres. La soudure des pétioles donne, à première vue, une longueur à la tigelle qu'elle est loin de posséder réellement. La structure de la racine est normale. Son cylindre central se poursuit jusqu'à 2 millimètres des cotylédons, aussi n'est-il pas étonnant de voir les formations secondaires se produire dans la tigelle du Geranium exactement de la même façon que dans sa racine. Déjà, en ce point, la multiplication des trachées s'est opérée, mais là seulement ont lieu l'apparition de la moëlle, sa pénétration au milieu des faisceaux vasculaires et la scission du liber en trois lambeaux. Les faisceaux vasculaires appuyés extérieurement sur le péricambium, latéralement contre les faisceaux libériens conservent la disposition en V jusqu'à la naissance des feuilles séminales. Les trachées quittent la membrane rhizogène et les faisceaux libéro-ligneux prennent la disposition sécantielle. Les faisceaux provenant du même groupe vasculaire radical restent confondus par leur partie interne. Cette orientation anomale prolongée jusque dans les feuilles séminales, me force encore à limiter supérieurement le collet chez le *Geranium* à la base du premier entre-nœud.

BALSAMINÉES. — *Impatiens glanduligera*. — Je recommanderai particulièrement ce végétal pour suivre les modifications des membranes protectrice et rhizogène, des faisceaux libériens et l'agrandissement du cylindre central.

La plantule est plus volumineuse que celle de l'*Althæa rosea;* elle présente comme elle le type quatre. Les faisceaux vasculaires se divisent encore en deux groupes opposés destinés à former l'un, les nervures médianes, l'autre, les nervures latérales des feuilles cotylédonaires. Les faisceaux libéro-ligneux, constituant les nervures latérales, pénètrent dans le pétiole avec l'orientation selon la sécante. Les faisceaux vasculaires qui doivent fournir aux nervures médianes (*fv*, fig. 28, pl. 16) se présentent dans le même point avec l'orientation centripète. C'est le premier exemple où la formation des faisceaux libéro-ligneux soit aussi peu avancée au sommet de la tigelle.

L'axe hypocotylé mesure 5 centimètres. La racine, longue de 2 centimètres, est grêle dans toute sa portion inférieure; elle se renfle brusquement à son sommet pour se mettre en concordance avec le diamètre de la tigelle et donner insertion à deux séries de quatre radicelles aussi volumineuses que le pivot. L'ensemble constitue un système fibreux. En étudiant d'autres végétaux, plus volumineux, il est vrai, mais dont la racine se comporte de la même façon, nous verrons que ce développement brusque et considérable de l'axe concorde généralement avec des phénomènes très rapides (1). L'*Impatiens glanduligera* échappe à cette règle, sans doute en raison de son volume encore trop peu considérable (2).

La racine, avons-nous dit, est normale (fig. 26, pl. 16), mais les faisceaux ligneux présentent une disposition de leurs éléments plus commune chez les Mono que chez les Dicotylédones. Ils sont discontinus et comprennent deux parties; une externe formée de trois ou quatre trachées de faible diamètre et appuyée sur le péricambium; l'interne indépendante de la précédente, commune aux quatre masses, consiste en deux larges vaisseaux ponctués, isolés au milieu du tissu conjonctif. Un renflement rapide de l'axe indique généralement, avons-nous dit, la limite inférieure du collet, il débute chez l'*Im-*

---

(1) Le *Tropæolum majus* que nous étudierons immédiatement après l'*Impatiens*, nous en fournira un exemple.

(2) Il rentrera dans notre groupe *b*.

patiens au-dessous du changement d'épiderme. Lorsque naissent les radicelles (fig. 27), ces gros vaisseaux sont remplacés par un grand nombre de vaisseaux réticulés plus étroits. Nous verrons par la suite que c'est exactement par le même procédé que s'opère chez les Monocotylédones la disparition des larges vaisseaux ponctués dans le passage de la tige à la racine (1). Il n'était pas sans intérêt, pour notre sujet, de faire ce rapprochement entre végétaux qui, bien que très éloignés par tous les autres caractères, présentent tant de points communs dans la forme et la structure de leur racine et des parties voisines.

La membrane épidermoïdale est suivie d'une seconde couche de cellules hexagonales. L'une et l'autre conservent cette forme dans la tigelle ; elles deviennent collenchymateuses au sommet de cet organe. Le parenchyme cortical augmente considérablement de volume lors du renflement de la racine ; son diamètre diminue ensuite d'une façon sensible. Le rapport des deux cylindres qui est de $\frac{1}{2}$ dans le pivot est de $\frac{5}{6}$ à 5 millimètres des cotylédons avant le déplacement des faisceaux nécessité par la libération de ces organes.

La couche protectrice formée de cellules tabulaires dans la racine présente des cellules complètement arrondies et riches en amidon dans la moitié supérieure de la tigelle. Le péricambium perd, presque dès la base de la partie lisse, une partie de ses cellules en face du liber ; on le retrouve à l'état disloqué jusque dans les cotylédons. Les faisceaux libériens s'étalent dès la base de la tigelle ; ils se scindent en deux parties, un centimètre plus haut ; enfin la jonction des masses procambiales intermédiaires n'a lieu qu'à 5 millimètres des cotylédons. Le cylindre central se dilate aussitôt après l'apparition des vaisseaux réticulés, une moelle volumineuse prend jour. Les faisceaux vasculaires repoussés vers la couche rhizogène y demeurent à l'état cunéiforme avec tous les caractères des faisceaux radicaux jusqu'à la séparation des cotylédons ; une rangée de cellules conjonctives vient cependant s'interposer entre les trachées primitives et la M. rhizogène. Les deux faisceaux qui formeront les nervures médianes conservent à peu près cette disposition jusque dans le pétiole (fig. 28, pl. 17); les autres se fendent en V et se superposent au liber dans un espace tellement court que leurs éléments prennent, pendant ces mouvements, une disposition oblique. Aussitôt formés les faisceaux jumeaux se séparent et se rapprochent des nervures médianes. Ils se présentent dans le pétiole avec l'orientation sécantielle.

---

(1) On pourra rapprocher des fig. 26-27, les fig. 67-68, pl. 19, qui montrent les premières phases du passage chez le *Triglochin palustre*.

La tigelle est, ici plus que jamais, une région transitoire.

TROPŒOLÉES. — *Tropæolum majus.* L'étude de l'axe hypocotylé du *Tropæolum majus* est instructive. Elle est intéressante par l'ordre des phénomènes de passage qui nous force à reculer la limite inférieure du collet au-dessous du changement d'épiderme et la marche des faisceaux destinés au premier entrenœud.

Les caractères extérieurs de la racine sont ceux de l'*Impatiens glanduligera;* elle porte à son sommet considérablement accru un assez grand nombre de radicelles disposées sur quatre rangs. L'augmentation très rapide du diamètre est rendue encore plus sensible par la présence de la coléorhize. La tigelle est fort courte, presque nulle.

Le pivot dans sa portion grêle, présente la structure d'une racine normale. Les quatre faisceaux vasculaires formés chacun par une série unique de vaisseaux sont réunis au centre. Dans la partie supérieure renflée, la disposition de ses éléments s'altère et nous allons voir les transformations du cylindre central débuter avant le changement d'épiderme.

La moelle apparaît 1 millimètre au-dessous de ce point; très large dès son origine elle amène l'agrandissement du cylindre central et lui donne l'ampleur qu'on lui connaît dans la tige. Le rapport entre la puissance des deux cylindres est de 1/2 dans la racine et d'un peu plus de 2/1 dans la tigelle (1).

---

(1) Le chiffre supérieur correspond au cylindre central.

Je passerai sous silence tout ce qui n'a pas trait aux faisceaux conducteurs. Les éléments les plus extérieurs se comportent comme dans les cas étudiés jusqu'à présent.

Après l'apparition de la moelle, les faisceaux vasculaires repoussés vers l'extérieur prennent l'aspect cunéiforme. Le nombre des éléments de ces coins est plus grand que celui des branches de la croix radicale. Leur extrémité externe quitte immédiatement la couche rhizogène, et, lorsque survient le changement d'épiderme, nous trouvons les trachées primitives reportées vers l'intérieur à la hauteur de la face interne du liber. L'attache des radicelles rend difficile l'étude de ce point, mais, quoi qu'il en soit, l'on voit chaque faisceau s'écraser sur lui-même et former une lame perpendiculaire à la direction du faisceau vasculaire radical. J'ai représenté cette disposition chez le *Fumaria grandiflora* (fig. 9, pl. 15). Je ferai seulement remarquer que l'écrasement a lieu ici par rapprochement des vaisseaux ponctués des trachées primitives, tandis que dans le cas précédent les vaisseaux les plus étroits se rapprochaient des plus larges. Les trachées occupent le centre de la lame dont les extrémités s'appuyent sur les faisceaux libériens voisins. Liber et bois constituent deux faisceaux sécantiels réunis par leur portion interne. L'union cesse presque immédiatement pour les uns, un peu plus tard pour les autres. Les mouvements sont plus lents dans les faisceaux cotylédonnaires (*fc.*, fig. 29, pl. 16). Après sa libération, chaque faisceau tourne peu à peu sur lui-même pour prendre l'orientation radiale et à la naissance des cotylédons, nos huit faisceaux sont disposés à peu près normalement.

Les faisceaux libériens s'étalent considérablement le long du péricambuim; ils se réuniraient en un cercle continu sans quatre petites interruptions correspondant aux extrémités des faisceaux vasculaires. Après la superposition du bois, chacun se coupe en deux masses qui se concentrent au-dessus des demi-faisceaux vasculaires voisins.

En résumé, la tigelle présente à son extrémité une structure fort approchée de celle de la tige (fig. 30, pl. 16). Mais chose exceptionnelle et d'autant plus remarquable qu'elle n'a pas, à ma connaissance, été signalée encore, une partie seulement de ces faisceaux pénètre dans les cotylédons. M$^{\text{lle}}$ Goldsmith (1) admet que les faisceaux conducteurs de la racine passent entièrement dans les cotylédons lorsque le pivot présente les types 2, 4, 8. Le *Tropæolum majus*, avec le type quatre, fait exception à cette règle. Si l'on divise ses éléments vasculaires en deux groupes opposés comme nous l'avons fait pour l'*Impatiens* et l'*Althæa*, nous verrons que les faisceaux du même groupe qui s'unissaient chez ces végétaux pour former la nervure médiane des cotylédons passent sans même se rapprocher dans le premier entrenœud (*fvt*, fig. 30). Les autres (*fc*) après s'être divisés une première fois, et avoir ainsi formé dans leur intervalle une partie du système libéro-ligneux du premier entrenœud, pénètrent dans les cotylédons; mais l'un des faisceaux d'une paire se rend dans une des feuilles séminales, le second dans l'autre; en un mot, ils se comportent comme les faisceaux qui deviennent les nervures latérales des cotylédons de l'*Althæa* et de l'*Impatiens*. Dans leur trajet oblique ils se bifurquent et les branches internes (*'nm*) se soudent pour former les nervures médianes des premiers appendices.

Le collet débute ici 1 millimètre au-dessous du changement d'épiderme, il s'étend jusqu'à la base du premier entrenœud. Au delà, l'axe présente la structure de la tige; je m'en suis assuré.

Aurantiacées. — *Citrus aurantium*. L'oranger nous présente encore des faits nouveaux et intéressants.

La plantule est nettement conique (2) depuis l'insertion des cotylédons jusqu'à l'extrémité de la racine. Cette dernière est fort longue comparée à la tigelle qui ne mesure jamais plus de 2 millimètres. Les *cotylédons alternes* (je ne sais si ce fait a déjà été signalé) s'insèrent à des hauteurs variables, l'écart n'étant jamais cependant supérieur à 2 millimètres. Le diamètre du végétal est moyen et bien que l'axe ne se renfle pas subite-

(1) *Loc. cit.*, § 42.

(2) Certains échantillons présentent un léger talon.

ment comme chez le *Tropæolum*, mais sans doute en raison de la présence d'une moelle volumineuse et du peu d'étendue de la tigelle, nous verrons le passage débuter, comme précédemment, dans le cylindre central et avant le changement d'épiderme.

La structure de la racine est normale (fig. 34). L'épiderme, richement villeux, recouvre une membrane épidermoïdale à longues cellules hexagonales (fig. 31, pl. 16) nettement subérisées vers l'extérieur, et tellement caractérisées que je puis recommander l'oranger comme un des meilleurs végétaux pour l'étude de cette membrane. Le cylindre cortical est puissant et change peu de diamètre sur le parcours de l'axe hypocotylé et même au-dessus. La partie centrale présente une moelle volumineuse et des faisceaux en nombre variable avec les sujets et même quelquefois en différents points du pivot du même individu. Le type sept m'a semblé le plus fréquent, c'est celui que je décrirai. Les faisceaux vasculaires sont composés d'une dizaine d'éléments disposés en masses cunéiformes ; les faisceaux libériens sont égalements puissants.

Le changement d'épiderme et surtout les transformations (fig. 32) et la disparition de la membrane épidermoïdale sont des plus faciles à observer. Ils correspondent à l'apparition des glandes à huile essentielle (fig. 33), qui manquent complétement au dessous.

Les modifications se font sentir dans le cylindre central quelques millimètres au-dessous de ce lieu. La formation des faisceaux libéro-ligneux sécantiels se produit par une sorte d'écrasement de dehors en dedans semblable à celui que j'ai décrit chez *Fumaria grandiflora*. Pendant cette formation, les cellules externes de la moelle s'épaississent comme pour faciliter l'écrasement (1). Les faisceaux sécantiels confondus se séparent bientôt, et prennent bientôt l'orientation radiale en tournant sur eux-mêmes. Parmi les faisceaux vasculaires radicaux, cinq pénètrent dans les cotylédons (1-2, fig. 35, pl. 16),

(1) Cet épaississement rend l'étude difficile. Les vaisseaux ne se différenciant alors du parenchyme que par une légère coloration noirâtre.

deux dans le premier entre-nœud (3 — même figure). Les faisceaux destinés à la tige achèvent leurs mouvements avant de pénétrer dans la tigelle, ceux du cotylédon inférieur les suivent de près ; ce n'est qu'au-dessus du changement d'épiderme que les faisceaux de la deuxième feuille séminale achèvent totalement le leur.

Le déplacement des faisceaux libériens précède ici celui des faisceaux vasculaires ; ils s'élargissent considérablement et aussitôt après la division des faisceaux ligneux en deux masses s'unissent au-dessus de l'ancien emplacement de ces éléments. Dans la tigelle, ils forment un cercle continu.

Les choses vont plus loin. Les deux masses vasculaires opposées au même faisceau libérien se rapprochent aussitôt après leur naissance et se confondent. Cette union facilite considérablement la formation des faisceaux radiaux caulinaires. Mais je tiens à faire remarquer que la fusion des deux faisceaux n'amène pas, comme dans les cas précédents, la reconstitution en une seule masse des éléments d'un même faisceau vasculaire de la racine, mais celle d'un faisceau libérien. La tigelle nous présente pour la première fois le même nombre de faisceaux que la racine et non un nombre double. Le cotylédon inférieur, plus volumineux, reçoit trois faisceaux, l'autre n'en prend que deux.

Le péricambium persiste en face des faisceaux cotylédonaires ; il disparaît en face des autres. La moelle et le cylindre central ne subissent pas d'accroissement notable.

Le collet aura ici les mêmes limites que celui du *Tropæolum*, le peu d'étendue de la tigelle ne permettant pas sa division ; mais il est bon de constater que cet organe présente en son sommet la structure de la tige.

ACÉRINÉES. — *Acer campestre*. Les phénomènes de passage se produisent dans le même ordre et par des procédés presque entièrement semblables chez l'oranger et l'érable. S'effectuant beaucoup plus lentement chez ce dernier, ils se prêtent mieux à l'analyse et au dessin. Je représenterai d'autant plus utilement les différents états de l'axe hypocotylé de l'érable qu'un certain nombre de dicotylédones à plantule volumineuse se comportent à peu près de même. Les transformations se produisent presque entièrement au-dessous du changement d'épiderme; la tigelle présente la structure de la tige sur la plus grande partie de son parcours.

La tigelle mesure 6 centimètres, la radicule 5. Ces deux organes, longuement coniques, se superposent sans dilatation brusque de l'axe. La partie villeuse ne présente les caractères bien nets de la racine que 3 centimètres au-dessous du changement d'épiderme; au-dessus, les éléments du cylindre central sont déplacés.

La racine (fig. 36, pl. 17), présente le type quatre. Les faisceaux vasculaires et libériens sont très développés. Ils sont séparés par une large moelle.

L'épiderme, la membrane épidermoïdale, l'endoderme suivent la marche ordinaire. Le cylindre cortical, qui dépasse fort peu en volume le cylindre central dans la racine, perd beaucoup de son importance dans le parcours du collet. Au point où la structure de la tige apparaît, il ne constitue plus que le tiers du rayon. Le péricambium est fort stable. On le retrouve intact sur toute la longueur de l'axe hypocotylé, sauf pourtant au sommet où il disparaît en partie en face des faisceaux intermédiaires, propres à la tige, destinés au premier entrenœud et analogues aux faisceaux que nous avons rencontrés précédemment à l'état procambial dans plusieurs exemples.

Les faisceaux vasculaires se comportent absolument comme ceux de l'Oranger, mais leurs mouvements sont extrêmement lents. Ce qui s'était produit sur l'espace de quelques millimètres dans le cas précédent demande 7 centimètres ici (fig. 37-42, pl. 17). Ils quittent la couche rhizogène 3 centimètres avant le changement d'épiderme; repoussés d'un côté vers l'intérieur par la multiplication du parenchyme entre les trachées primitives et le péricambium, arrêtés de l'autre par la moelle, ils se divisent par leur face interne en s'étalant le long des faisceaux libériens. Lors du changement d'épiderme, les trachées primitives arrivent à la hauteur de la face interne du liber; le premier mouvement s'arrête. Chaque faisceau vasculaire radical a formé alors deux faisceaux sécantiels qui demeurent unis quelque temps. Ces faisceaux se séparent et l'orientation centrifuge s'obtient par un mouvement de rétraction ou de contraction des éléments, mouvement que j'ai déjà assimilé au jeu du caoutchouc étiré revenant sur lui-même. Les trachées primives ne s'enfoncent pas dans la moelle pour prendre leur position définitive, mais chevauchent au-dessus des éléments plus larges; il n'y a rien du mouvement de volet. On trouve la disposition radiale des f. ligneux environ 5 millimètres au-delà de la base de la tigelle. Ce point marque également la terminaison du collet à la persistance du péricambium près (fig. 39).

Les faisceaux libériens s'étalent considérablement, mais, en respectant les rayons parenchymateux qui ont pris la place des faisceaux vasculaires de la racine, ils ne cessent de former quatre masses distinctes.

Le collet est donc complètement déplacé dans ce végétal, eu égard aux connaissances actuelles, puisqu'il se trouve compris presque entièrement dans la portion villeuse; un observateur superficiel pourrait croire à l'existence d'un collet limité à un plan. Réellement, il mesure 3 centimètres et demi, sur lesquels 5 millimètres seulement sont abrités par l'épiderme cuticularisé.

La tigelle présente à sa base huit faisceaux libéro-ligneux (fig. 40). En montant, les deux masses ligneuses opposées au même faisceau libérien se rapprochent et se confondent. La tigelle ne présente plus alors (fig. 41) que quatre faisceaux libéro-ligneux qui se rendent moitié dans un cotylédon, moitié dans l'autre. Les formations du premier entrenœud apparaissent à 5 millimètres des cotylédons; elles naissent, comme toujours, dans l'espace correspondant au point de séparation des feuilles séminales.

Les vaisseaux grillagés, fort nombreux, ont ici un diamètre considérable.

Sapindacées. — *Cardiospermum halicacabum.* Après avoir passé en revue tant de végétaux dont la racine présente le type deux, il semblerait que nous ayons épuisé la matière sur ce sujet. Il n'en est rien. Le *Cardiospermum* va prouver ce que j'ai déjà avancé plus haut : 1° qu'au delà d'un certain diamètre il y avait lieu de tenir compte du volume de la plantule dans la rapidité du passage ; 2° que l'accroissement diamétral rapide du végétal vers le point de séparation des deux épidermes correspondait également à des mouvements précipités. Le collet occupera les mêmes régions que celui de l'*Acer;* il débute 1 centimètre au-dessous du changement d'épiderme et se termine 2 millimètres au delà.

La plantule très développée mesure 11 centimètres 1/2. La racine, longue de 5 centimètres, est grêle sur la plus grande partie de son parcours ; elle augmente supérieurement très rapidement de volume pour se mettre en concordance avec le diamètre de la tigelle. Le développement rapide du premier entre-nœud, déjà ébauché dans la graine, amène la présence de quelques formations secondaires, mais pas en assez grande quantité cependant pour empêcher l'étude.

La structure de la racine ne s'observe, avons-nous dit, que 1 centimètre au-dessous de la tigelle. Les faisceaux ligneux, très riches en éléments, forment deux masses cunéiformes réunies par leur base.

L'épiderme se comporte comme toujours. Il porte dans sa partie cuticularisée, outre des poils glandulifères, d'autres poils recourbés en crochet tout à fait spéciaux. L'endoderme passe à l'état d'assise amylifère. Le péricambium, dédoublé dans les parties les plus âgées de l'axe, est simple ailleurs. On l'observe dans tous les points de la tigelle, moins développé cependant en face du liber que devant les rayons médullaires.

Le refoulement des trachées primitives jusqu'à la hauteur de la face interne du liber se produit dans la radicule et marque la base du collet. A la suite, les faisceaux s'élargissent et forment une masse arrondie jusqu'au point où l'axe s'élargit. La moelle apparaît alors au centre ; elle s'insinue au milieu des faisceaux vasculaires et les fend en V. Les deux V, restant confondus quelque temps par les extrémités de leurs branches, forment autour de la moelle un losange vasculaire. Ils se séparent lors du fractionnement en deux masses des faisceaux libériens. Les branches des V s'isolent et bientôt forment avec les masses libériennes voisines quatre faisceaux sécantiels indépendants. On peut les observer 3 millimètres au-dessous du changement d'épiderme. L'orientation radiale se produit dans les 5 millimètres suivants par un mouvement de concentration des vaisseaux semblable à celui que j'ai décrit chez l'*Acer*. La structure de la tige se trouve alors réalisée avec un péricambium continu. Le cylindre central égale alors en puissance le cylindre cortical; il continue à s'élargir en s'avançant vers les cotylédons; les faisceaux s'éloignent toujours davantage et sont bientôt séparés par de vastes rayons médullaires.

A la naissance des cotylédons les faisceaux se trifurquent. Les deux appendices reçoivent chacun les deux masses les plus rapprochées de leur portion médiane et provenant de deux faisceaux différents. Les huit faisceaux restants pénètrent dans le premier entre-nœud.

Rutacés. — *Ruta graveoleus*. La Rue, bien que ne présentant qu'un médiocre intérêt au point de vue du passage, doit cependant nous retenir en raison : 1° de la structure de la racine qui nous présente, pour la première fois, le type trois; 2° de la destinée des faisceaux vasculaires qui constitue une nouvelle exception à la règle posée par M^lle^ Goldsmith (à moins que l'on admette la polycotylédonie de la Rue ou l'absence de premier entre-nœud dans ce végétal); 3° pour mieux faire ressortir la conduite toute différente des mêmes éléments chez les Légumineuses dont la racine présente une structure semblable.

Le végétal mesure 5 centimètres. La racine, longue de 1 centimètre, est conique. Il n'y a pas de changement brusque du volume de l'axe au point où l'épiderme villeux fait place au tégument cuticularisé. La tigelle est terminée tantôt par deux, tantôt par trois appendices foliacés insérés à la même hauteur.

Lorsque leur nombre est réduit à deux, ces organes sont fort différents de grandeur et de forme ; le plus grand est toujours bipartite. Si le nombre est de trois, les folioles sont sensiblement égales, mais ne sont point équidistantes, deux sont opposées à la troisième autant que deux feuilles peuvent être opposées à une autre. La première idée porte à accorder trois cotylédons à la Rue, cotylédons qui peuvent dans certains cas être connivents à leur base ; l'anatomie semble confirmer cette opinion, car dans un cas chaque foliole reçoit un des faisceaux vasculaires de la racine, dans l'autre, la grande feuille en reçoit deux. Malgré cela j'inclinerai vers la dicotylédonie de la Rue pour les motifs suivants : 1° La disposition opposée des folioles, dans l'hypothèse contraire, elles devraient être distantes de 120° ; 2° l'état de décomposition des feuilles ordinaires de la Rue ; 3° la marche des faisceaux comparée à celle de ces mêmes éléments chez l'Oranger, où des cotylédons inégaux recevaient un nombre différent de faisceaux proportionnel à leur volume ; 4° le système conducteur de l'appendice supplémentaire est moins développé que celui des feuilles normales ; 5° le faisceau libérien interposé entre les faisceaux ligneux destinés au large cotylédon ne donne pas naissance, comme ses homologues, à une masse médiane procambiale passant dans le premier entre-nœud ; 6° enfin, il ne peut y avoir aucun rapprochement à établir entre les cotylédons des Gymnospermes et ceux de la Rue ; l'innervation en est tout autre.

La racine est normale jusque dans sa partie supérieure ; les faisceaux vasculaires, très rapprochés, ne se joignent pas au centre.

La première modification porte sur le système tégumentaire ; l'apparition des glandes semble plus tardive que chez l'Oranger ; l'axe hypocotylé ne m'en a point présenté. La conduite des parties plus internes rappelle celle des mêmes éléments chez la *Nigella* et mieux encore chez l'*Argemone ;* les faisceaux libéro-ligneux se présentent à la base des cotylédons avec l'orientation sécantielle. L'endoderme et le péricambium se comportent absolument de même. Les faisceaux ligneux quittent la couche rhizogène vers le 1er centimètre au-dessus du changement d'épiderme, ils sont refoulés vers l'intérieur. Leurs éléments ne se multiplient et ne se coupent en V que vers le 4^{me} centimètre. Après s'être opposées partiellement au liber, les branches se dissocient et se placent sur le prolongement l'une de l'autre par un mouvement de volet sur les trachées les plus larges. Les faisceaux libéro-ligneux ont alors l'orientation sécantielle qu'ils conservent jusqu'à la base des cotylédons. En pénétrant dans ces organes ils se condensent, se rapprochent de leur homologue et fondent en une masse cunéiforme, centrifuge, leurs éléments étalés plus bas en lame. La segmentation des faisceaux libériens ne s'opère qu'à l'extrémité supérieure de la tigelle; elle est différente selon les faisceaux. J'en ai déjà parlé.

Le rapport des deux cylindres qui est de 1/4 dans la racine est de 1/3 environ au sommet de l'axe hypocotylé.

En résumé, le collet comprend ici toute la tigelle, sans que nous trouvions la structure de la tige au-dessous des cotylédons; on ne la rencontre qu'immédiatement au-dessus de ces appendices.

Zanthoxylées. — *Ptelea trifoliata.* La plantule mesure 7 centimètres 2. La racine, longuement conique, compte 4 centimètres et s'attache sur la tigelle sans donner lieu à un renflement de l'axe au point de jonction. Sa structure est normale sur toute l'étendue de la partie villeuse. Elle présente le type deux et les faisceaux vasculaires, très développés, ont leurs éléments groupés en deux masses cunéiformes confondues par leur base.

La série des modifications porte d'abord sur le cylindre cortical. L'épiderme se cuticularise, la membrane épidermoïdale devient collenchymateuse. Quelques millimètres au delà apparaissent les glandes construites sur le type de celles de l'Oranger. L'endoderme passe très vite à l'état d'assise amylifère. L'ensemble du cylindre cortical perd relativement peu de son volume, bien qu'au sommet de la tigelle nous trouvions une structure fort approchée de celle de la tige. Il constitue encore les 3/5$^{\text{mes}}$ du rayon à 2 millimètres des cotylédons avant les déformations causées par la libération de ces organes. A 5 millimètres au-dessus du changement d'épiderme, les faisceaux libériens se coupent en deux parties qui se rapprochent des trachées primitives. Cette scission correspond à la superposition du bois. Les quatre masses libériennes ne tardent pas à dissocier le péricambium et s'appuient à la suite en partie sur la couche protectrice. Le mouvement de recul vers l'intérieur des trachées primitives s'opère en deux temps fort éloignés l'un de l'autre. Le premier se montre peu au-dessus du pivot (1 millimètre); il refoule la plus grande partie du faisceau au delà de la face interne du liber ne laissant en deçà que les trois ou quatre trachées les plus étroites. Ces dernières ne sont repoussées à hauteur convenable que 2 centimètres plus haut. La moelle apparaît dès la base de la tigelle; elle isole d'abord les faisceaux, pénètre ensuite au milieu d'eux et les coupe en V, amène la superposition de leur partie interne au liber et la production des faisceaux libéro-ligneux. Ceux-ci prennent l'orientation sécantielle, mais restant unis par les trachées primitives, conservent cette disposition jusqu'au moment où ces dernières sont repoussées plus intérieurement. Ils se séparent alors, tournent légèrement sur leur centre et prennent une orientation presque radiale. Ces mouvements ne sont achevés qu'à la naissance des cotylédons. Le collet s'étend ici sur toute la longueur de la tigelle.

Les masses procambiales du premier entre-nœud s'unissent avec le centre des faisceaux libériens; elles donnent naissance à des éléments ligneux centrifuges.

CÉLASTRINÉES. — *Evonymus Europæus.* Ce végétal ne nous présente aucun fait nouveau, il n'est remarquable que par la lenteur avec laquelle s'effectue le passage. Il demande 6 centimètres, débute avec le changement d'épiderme et s'étend jusqu'à 2 millimètres des cotylédons; plus simplement, il comprend la tigelle entière.

La racine, longuement conique, mesure 4 centimètres et présente le type quatre. Elle est normale; les cellules rhizogènes très petites sont en nombre double de celles de la couche protectrice. Les faisceaux vasculaires sont réduits à une demi-douzaine d'éléments. Le centre est occupé par une large moelle. La première modification porte sur le système protecteur; l'épiderme cuticularisé apparaît, la membrane épidermoïdale se transforme en collenchyme.

L'endoderme suit ses transformations normales. Les faisceaux libériens s'étalent considérablement et se divisent en petits fragments de peu d'éléments. Ceux-ci dissocient bien vite les cellules rhizogènes et s'appuient sur l'endoderme; les seuls faisceaux extrêmes voisins des faisceaux vasculaires ne percent pas le péricambium qui persiste comme toujours entre les faisceaux libériens.

Dans le centimètre inférieur, les faisceaux vasculaires sont repoussés vers la moelle par apparition du parenchyme à leur face externe, puis se coupent en V, se séparent en deux masses bientôt orientées selon la sécante. Chaque faisceau, formé par une rangée de trachées peu cohérentes, garde cette disposition dans les 3 centimètres suivants; du quatrième au sixième centimètre, il groupe ses éléments, par un mouvement très lent de concentration, en un amas cunéiforme centrifuge.

Le système conducteur de la racine pénètre entièrement dans les cotylédons. Les nervures médianes se forment aux dépens des éléments d'un même faisceau vasculaire (et du liber opposé) dont les éléments, désunis pendant le renversement, s'unissent de nouveau au sommet de la tigelle. Les nervures latérales d'un même cotylédon prennent naissance de deux faisceaux différents. Mais, ce qui est important pour nous, nos faisceaux sont dans le même état de renversement au sommet de la tigelle; il n'y a pas cette inégalité frappante que nous avons observée chez l'*Althæa rosea* et l'*Impatiens*.

Légumineuses. — Cette famille présente un intérêt tout particulier, je m'y arrêterai longuement. Elle a déjà été étudiée et a fourni matière à M. Dodel (1) qui a cherché à montrer le passage de la tige à la racine dans le genre *Phaseolus*, genre qui présente normalement le type quatre, et à M^{lle} Goldsmith (1) qui a décrit avec grands détails la marche des fibro-vasculaires dans le *Vicia sativa*, végétal se rattachant au type trois. Je reprendrai ici succinctement les travaux de ces deux auteurs, non sur les mêmes échantillons, mais dans des cas très analogues. Je dois reconnaître dès l'abord l'exactitude de leurs résultats.

---

(1) *Op. cit.*

1° *Cas de quatre faisceaux. Phaseolus compressus.* — M. Dodel ayant décrit le passage chez les *P. vulgaris, multiflorus et erectus* (*var. nanus*), j'ai choisi le *P. compressus* et je puis étendre à ce végétal les résultats obtenus avec les plantes précédentes.

Mais, hâtons-nous de dire que le genre Phaseolus est de beaucoup un des plus mauvais pour suivre le développement des phénomènes de passage, M. Dodel aurait pu arriver plus commodément à des résultats encore plus satisfaisants s'il avait fait choix d'autres sujets. Ainsi que le fait remarquer cet auteur, le nombre des faisceaux très variables dans la racine (bien que cet organe semble appartenir au type quatre, on en rencontre beaucoup plus souvent un nombre plus élevé) l'est encore davantage dans la tigelle, d'où des complications fâcheuses ; l'altération rapide et la chute consécutive du parenchyme cortical rend difficile et souvent impossible l'étude des transformations dans le système tégumentaire ; l'endoderme est fort mal caractérisé, le péricambium est anomal. Le bois et le liber se comportent seuls d'une façon bien nette.

La plantule se divise en deux parties très inégales en diamètre : l'inférieure grêle, correspondant seule à la racine proprement dite, présente la structure de cet organe et ne porte pas de radicelles ; la supérieure, fort volumineuse, s'étend jusqu'aux cotylédons et constitue notre collet. Elle porte de nombreuses radicelles et est recouverte par l'épiderme villeux au moins dans sa partie inférieure. La tigelle est fort courte, réduite à quelques millimètres; elle semble même manquer chez certains sujets, soit qu'elle manque réellement, soit que la desquamation du cylindre cortical se fasse sentir là jusqu'au-dessous des cotylédons, ce qui ne serait pas étonnant, vu la faible longueur de la tigelle.

---

(1) *Op. cit.*

Le péricambium simple et formé d'énormes cellules en voie de division en face des faisceaux libériens change complètement de caractère en face des f. vasculaires où il constitue des massifs de 3 ou 4 rangs de cellules faisant saillie dans le cylindre cortical. Je me suis assuré par des coupes faites près du point végétatif que l'on n'avait pas là affaire à des productions secondaires. Le centre de la racine est occupé par une large moelle.

Les modifications portent d'abord sur le cylindre central, les faisceaux ligneux deviennent plus puissants, puis sont repoussés vers la moelle. Pour abréger, ils se comportent comme les faisceaux de l'*Acer campestre*, avec cette différence pourtant, que le passage de l'orientation sécantielle à la disposition radiale ne se fait pas par concentration des éléments mais par un mouvement de volet. Ce dernier fait n'a lieu que très près des cotylédons et sur tous les faisceaux à la fois; le renversement ne s'opère pas entièrement; l'orientation radiale ne se réalise jamais dans l'axe hypocotylé. Les phénomènes ne vont pas plus loin; les masses vasculaires opposées au même faisceau libérien ne s'unissent pas.

On peut suivre l'endoderme et le péricambium sur la plus grande partie de l'axe hypocotylé. Sectionnés très fréquemment dans la partie supérieure par le passage de nombreuses radicelles, leur étude devient difficile.

Les faisceaux libériens s'étalent beaucoup mais ne se réunissent jamais au-dessus des f. vasculaires. Ils ne se divisent qu'au point où naissent les cotylédons. Les portions extrêmes passent dans ces appendices avec le bois opposé, la partie médiane se rend dans le premier entre-nœud. Nous trouvons la structure de la tige au-dessus des feuilles séminales. Il ne va plus en être de même avec quelques-uns des végétaux que nous allons étudier maintenant.

2°. *Cas de trois faisceaux vasculaires.* — Mlle Goldsmith, en signalant chez le *Vicia sativa* une production centripète de bois jusque dans le quatrième entre-nœud de ce végétal, reculait les limites du collet d'une façon tellement considérable que la revision de son travail semblait s'imposer. Je n'ai pas repris le *Vicia sativa*, mais j'ai obtenu des résultats si approchés avec l'*Ervum lens* que j'ai cru inutile de pousser plus loin. Je ne mets pas en doute les faits acquis par le travail de Mlle Goldsmith.

J'ai montré précédemment que le collet pouvait débuter avant le changement d'épiderme et s'étendre jusqu'à l'insertion des cotylédons. Je ferai voir maintenant que le cas du *Vicia* n'est pas isolé, bien que je le regarde jusqu'à présent comme un cas extrême, et que la structure de la tige peut ne se réaliser que bien au delà des feuilles séminales : tantôt après le premier entre-nœud (*Lathyrus*), après le second (*Ervum*)). Dans tous ces cas le changement d'épiderme marque la limite inférieure du collet. Nous voilà loin du plan mathématique !

Après avoir étudié la Lentille, et m'être assuré de la véracité des résultats précédemment avancés, j'ai voulu me rendre compte des causes de cette anomalie. Le problème était difficile et ce n'est qu'après de patientes recherches, pouvant donner lieu à une publication spéciale, et en m'adressant à plusieurs sujets différents que je suis parvenu à dénouer le nœud gordien. Je ferai le plus brièvement possible l'histoire du passage chez les *Medicago falcata*, *Lathyrus odoratus et latifolius*, *Ervum lens*, végétaux qui, tout en présentant la même structure de leur racine, se posent comme intermédiaires entre les cas extrêmes par une réalisation de plus en plus lente du type de la tige.

Quelques notions préliminaires nous aideront à mieux saisir les faits. L'anomalie portant sur les faisceaux vasculaires, nous négligerons un peu les autres éléments de l'axe. Le cylindre central arrondi porte l'empreinte de la structure ternaire de la racine jusque sous les cotylédons ; au delà, il devient elliptique et présente au centre du bois centripète anomal remplaçant la moelle, autour : quatre faisceaux ou groupes de faisceaux libéro-ligneux radiaires, opposés deux à deux. Parmi ceux-ci, les uns occupent les extrémités du grand diamètre et sont destinés aux feuilles, les autres, alternes avec les précédents, placés sur le petit diamètre, jouent le rôle de faisceaux réparateurs Le cylindre cortical de l'axe hypercotylé est sillonné de faisceaux libériens et libéro-ligneux extraordidinaires provenant des faisceaux du centre (pl. 17-18, fig. 42-45).

D'où provient ce bois centripète, comment disparaît-il? C'est ce que nous allons voir en pénétrant plus profondément dans la matière. Prenons d'abord le

Medicago falcata. Cet exemple, le plus simple, ne manque pas cependant d'intérêt. Si le collet se trouve encore compris ici dans les limites ordinaires, il va nous montrer clairement la destinée d'une partie des faisceaux radicaux et aussi un mode de formation des f. libéro-ligneux que nous n'avons pas encore vu. Le bois restant en place, le liber fait tout le chemin pour effectuer sa superposition à ce premier élément. La plantule est longue de 3^c,5, elle est grêle. La tigelle mesure 2^c,5 et se termine par des cotylédons épigés réunis dans leur portion inférieure, ce qui donne à première vue à la tigelle une longueur qu'elle ne possède pas réellement.

Le diamètre de la racine croît insensiblement pour atteindre celui de la tigelle; la structure de cet organe est normale; l'endoderme est mal caractérisé; le péricambium est formé de deux assises de cellules en face des f. vasculaires. Ceux-ci sont égaux, équidistants et puissants, composés de deux séries de trachées; ils laissent au centre trois ou quatre cellules conjonctives formant un rudiment de moelle.

Les modifications portent d'abord sur le système tégumentaire. L'endoderme ne présente rien de particulier dans ses transformations; l'assise rhizogène est visible jusque sous les cotylédons, elle commence là à faire défaut devant les f. libériens. Sur nos trois faisceaux vasculaires, deux se rendent dans les cotylédons, le troisième à la première feuille au-dessus. Leur conduite est toute différente, selon qu'ils se rendent à l'un ou l'autre organe. Tandis que les faisceaux cotylédonaires conservent toute leur puissance, le troisième perd très rapidement la plus grande partie de ses éléments et se trouve bientôt réduit à trois ou quatre trachées. Ce faisceau conserve sa position sur tout le parcours de la tigelle; les autres tournent autour du centre et viennent se placer en opposition, de telle façon qu'en son milieu, la tigelle ne présente plus en son centre une étoile vasculaire à trois rayons mais une simple lame ponctuée, en son milieu, d'un amas de petites trachées. Dès la base de la portion lisse, les trois faisceaux sont repoussés vers l'intérieur par l'interposition de parenchyme entre eux et le péricambium ; ils se réunissent alors. La moelle reparaît plus haut ; à partir de ce point nous devons séparer notre étude en deux parties. Les faisceaux cotylédonaires se coupent en V, se superposent au liber, puis, par concentration des éléments de chaque branche au-dessous du liber, succèdent deux faisceaux cunéiformes au faisceau lamelleux de la racine. Les f. libéroligneux formés n'ont pas une orientation nettement radiale, ils sont légèrement inclinés. Ils conservent cette disposition jusqu'au moment où ils pénètrent dans les cotylédons. Le troisième faisceau rapporté dans la moelle, à la hauteur du liber voisin, 1° n'est pas pénétré par le tissu conjonctif; 2° n'est pas repoussé contre le liber. Mais s'il ne bouge pas, ses éléments changent d'orientation sur place, en s'égalisant d'abord, puis en se différentiant dans un ordre justement opposé à celui qu'ils possédaient primitivement, c'est-à-dire qu'ils se présentent maintenant avec les caractères de la formation centrifuge. Pendant que ces phénomènes se produisent, les extrémités rapprochées des faisceaux libériens voisins s'isolent, puis marchent l'un vers l'autre, se rencontrent et s'unissent au-dessus de notre faisceau centrifuge, donnant ainsi naissance à un faisceau libéro-ligneux ayant tous les caractères qu'on connaît à ces éléments dans la tige. Chaque faisceau libérien se comporte donc comme d'habitude : il se fend en trois masses. La médiane, procambiale, passe dans le premier entre-nœud. Nous comprenons facilement comment la racine possédant le type trois, la tige revêt le type quatre. Le quatrième faisceau provient seul diretement de la racine; il possède forcément le faciès caulinaire, car il doit être regardé comme résultant de l'union de deux faisceaux et nous n'avons pas d'exemple jusqu'à présent de deux faisceaux, quels qu'ils soient, s'unissant sans donner naissance à un faisceau radial.

Le collet comprend, chez le *Medicago falcata*, l'étendue entière de la tigelle.

Lathyrus latifolius et odoratus, *Ervum lens* (fig. 42-44, pl. 18, pl. 17 f. 45). Ces trois végétaux diffèrent du précédent, 1° par leur courte tigelle supportant des cotylédons hypogés; 2° par le diamètre plus considérable de l'axe hypocotylé, qui change parfois assez brusquement de diamètre dans sa partie supérieure.

Racine et tigelle. — Les trois faisceaux vasculaires sont très puissants et réunis au centre, ils sont égaux et inclinés de 120° (fig. 42) les uns sur les autres aussi bien dans la racine que dans la tigelle. Il y a pourtant, en certains points, de légères variations, mais elles ne deviennent jamais permanentes; à la naissance des cotylédons les trois faisceaux sont toujours également espacés. Comme conséquence, les premiers appendices ne sont point opposés, mais déjetés d'un même côté à 120° d'intervalle. Loin de perdre de leur puissance, les f. vasculaires s'accroissent sans cesse en approchant des cotylédons. Deux pénètrent dans ces organes, le troisième est destiné à la première feuille au-dessus. Ils ne subissent que peu de modifications au-dessous des cotylédons, leur extrémité externe est reportée à la hauteur de la face interne du liber. Lors de la séparation des feuilles séminales, une petite moelle insuffisante pour isoler les faisceaux vasculaires (fig. 43) apparaît au centre. Elle s'étend longitudinalement au milieu des faisceaux cotylédonnaires, les fend en deux masses égales et incline leurs éléments vers les faisceaux libériens voisins. Le faisceau foliaire est simplement entamé à sa face interne. Lorsque naissent les cotylédons l'axe présente une structure très approchée de celle de la racine. Ce n'est qu'à partir de ce point que les faits deviennent véritablement intéressants. Nos trois faisceaux, par des moyens similaires, se divisent *transversalement*, chacun en deux masses, les trachées s'isolant des éléments plus larges ponctués en grande partie ou réticulés. Les groupes externes se comportent seuls comme ceux du *Medicago* et, par conséquent, y correspondent seuls. Il y a pourtant cette différence que les faisceaux cotylédonaires ne se renversent que dans leur traversée du parenchyme cortical. Les faisceaux libériens suivent la même marche que chez le *Medicago*, je ne m'y arrêterai pas.

Axe épicotylé. — Si nous jetons maintenant un coup d'œil d'ensemble sur l'axe au-dessus des cotylédons, nous verrons que sa structure s'est déjà considérablement transformée et que la disposition des faisceaux se fait selon un mode nouveau : le type quatre qui se réalise de la même façon que chez le *Medicago*. Le cylindre central est alors elliptique (fig. 44), et les faisceaux occupent les extrémités des deux diamètres. Le système conducteur de la première feuille provenant directement de la racine se trouve à une des extrémités du grand diamètre. Le faisceau opposé se rend à la deuxième feuille. Celui-ci, comme les deux intermédiaires, provient du procambium qui s'unit au centre des faisceaux libériens de l'axe hypocotylé. Les faisceaux intermédiaires restent tantôt simples, tantôt se bifurquent. La tige présente alors six faisceaux libéroligneux. Tous s'appuient sur la couche rhizogène qui demeure intacte dans tous ces échantillons.

Si l'axe ne nous présentait que ces faisceaux, nous aurions affaire à une véritable tige, mais il convient de nous rappeler que la partie profonde des faisceaux vasculaires de la racine n'a pas été entraînée au dehors et n'a pas pris part au renversement. Ces éléments traversent le nœud inférieur et pénètrent tels quels dans le premier entre-nœud. Nous les retrouvons au centre; ils donnent à la tige un aspect d'autant plus spécial qu'ils ne changent rien à leur mode de génèse centripète (fig 44, *rr*).

Bien que les causes de l'anomalie restent les mêmes, l'aspect de la coupe peut être tout à fait différent, selon que la moelle s'oblitèrera ou non au-dessus des cotylédons et la puissance des faisceaux vasculaires, puissance qui est intimement liée à la persistance plus ou moins grande des éléments extraordinaires.

Je m'attacherai uniquement à ces éléments dans ce qui va suivre. Je prendrai ces faisceaux chez l'*Ervum lens* où par suite de la disparition de la moëlle, les phénomènes sont les plus complets.

Au moment où nous les avons abandonnés, la moelle, ayant pénétré en leur milieu et séparé longitudinalement les faisceaux cotylédonaires en deux masses, avait divisé la masse centrale en deux paquets : l'un ouvert en V et comprenant la partie interne du faisceau foliaire et les portions voisines des faisceaux cotylédonnaires; l'autre formé par les restes de ces derniers réunis en lame au-dessus du liber interposé. Ils restent peu en cet état. Le cylindre central se contracte, les deux masses se rapprochent, puis se joignent faisant disparaître complètement la moelle. Par leur union ils reconstituent l'étoile vasculaire radicale à trois branches centripètes avec les trachées étroites en moins (fig. 44, *rr*). Cette disposition s'altère bientôt : les branches correspondant aux feuilles séminales perdent une partie de leur puissance et tendent à se confondre en un seul faisceau, toujours centripète, opposé au troisième et en continuité directe avec lui (fig. 45, pl. 18). La première disposition semble avoir échappé à M^lle^ Goldsmith qui ne décrit et ne représente que le second état du résidu radical : huit foyers de production du bois; deux centripètes centraux et six centrifuges latéraux. En réalité il y en a d'abord trois centripètes.

Cette disposition se conserve un certain temps, puis, l'activité productive des faisceaux centripètes diminuant peu à peu, ces faisceaux s'isolent. Ils s'éloignent toujours davantage, mais la disparition des résidus cotylédonaires s'opérant plus vite que celle du dernier faisceau, celui-ci demeure quelque temps après les autres.

Dans l'*Ervum lens*, ce n'est que vers la naissance de la deuxième feuille que la dernière trace des faisceaux médians disparaît; d'après M^{lle} Goldsmith, ce ne serait que dans le quatrième entre-nœud que le pareil fait s'observerait dans le *Vicia sativa*.

Lorsque la moelle ne s'oblitère pas au delà des cotylédons (on en rencontre parfois des exemples chez la Lentille, et il semble que chez les *Lathyrus* ce soit là le cas normal), la structure de la tige apparaît beaucoup plus bas que précédemment. Les deux masses résidus ne s'unissent pas, l'étoile vasculaire ne reparaît pas, le faisceau lamelleux disparaissant presque dès la base du premier entre-nœud. Les autres branches du système cotylédonaire se comportent de même et la partie interne du troisième faisceau persiste seule. On peut l'observer sur la plus grande partie du premier entre-nœud, il perd progressivement de son importance et manque totalement vers l'insertion de la première feuille.

Pour résumer : l'anomalie que nous présentent les genres *Lathyrus*, *Ervum*, *vicia* est simplement due au passage au delà des cotylédons de la portion profonde des faisceaux vasculaires radicaux centripètes. Ces prolongements coexistent avec les formations propres à la tige, aussi la structure de cet organe apparaît-elle dans toute sa pureté immédiatement après la disparition du dernier élément extraordinaire.

Comme conclusion : Le collet débutant avec le changement d'épiderme s'étendra jusqu'au sommet du *premier entre-nœud* chez les *Lathyrus odoratus* et *latifolius*, du *deuxième* chez l'*Ervum lens*, du *quatrième* chez le *Vicia sativa*.

C'est la première fois que nous voyons les phénomènes de passage s'étendre plus loin que les cotylédons. Je n'en ai pas rencontré d'autre exemple dans le courant de ces recherches.

ROSACÉES. — *Pirus communis*. L'embryon développé du Poirier est de volume moyen, sa longueur est assez considérable et compte 0^{m},085 également répartis entre la radicule et la tigelle. Les cotylédons ne sont pas opposés; ils sont seulement écartés de 144^{c}. La partie villeuse est longuement conique. Elle présente au sommet ce renflement indice presque certain du début des phénomènes de passage dans le cylindre central.

La radicule présente la structure de la racine sur la plus grande partie de son étendue; l'endoderme et la membrane épidermoïdale fortement subérisées tranchent sur le reste des tissus. Le cylindre central présente cinq faisceaux vasculaires cunéiformes riches en éléments et séparés par une large moelle.

Les modifications portent d'abord sur le cylindre central; le mouvement de recul des f. vasculaires est sensible dès le deuxième millimètre au-dessous du changement d'épiderme; il se continue jusqu'au cinquième millimètre au-dessus de ce point; les trachées primitives ont atteint alors la face interne du liber. Les changements dans le système tégumentaire se font d'après le mode ordinaire. A la membrane épidermoïdale font suite des cellules collenchymateuses. Les mouvements des faisceaux ligneux s'achèvent ensuite avant qu'aucun autre élément ne subisse de modifications. Les coins entamés par leur base se fendent en V. En raison de la situation profonde des faisceaux, les branches du V doivent s'opposer avant de rencontrer le liber. Les faisceaux libéro-ligneux présentent alors du premier coup l'orientation sécantielle. Les faisceaux provenant de la même masse vasculaire radicale confondus jusque-là par leurs trachées, se séparent, puis rassemblent leurs éléments contre le liber par un mouvement lent de condensation; leur nouvelle disposition est nettement centrifuge. La rapidité du mouvement est variable avec les faisceaux, certains ont achevé leur renversement que les autres ont encore l'orientation sécantielle. Les faisceaux libériens ne subissent pas de grandes modifications, loin de se diviser, plusieurs d'entre eux s'accolent après la formation des f. libéro-ligneux, les autres restent libres. Lors de cette fusion, une partie des faisceaux vasculaires se confondent également: si l'on n'a pas suivi la succession des faits on peut croire alors à un fait anormal. Les faisceaux procambiaux du premier entre-nœud naissent sous les cotylédons d'après le mode habituel. L'endoderme subit les modifications habituelles. Le péricambium n'est entamé par le liber que dans le voisinage des feuilles séminales. Le cylindre central augmente sensiblement de diamètre sans atteindre cependant l'ampleur qu'on lui connaît dans la tige. Le rapport des deux cylindres qui est de 1/3 dans la radicule est de 1/2 sous les cotylédons, soit un accroissement de 1/6 pour le cylindre central.

Sur les cinq faisceaux radiculaires, quatre se rendent dans les cotylédons, le cinquième dans le premier entre-nœud, de là la position anormale des feuilles séminales.

Si l'on ne tenait compte de la division de la couche rhizogène, on limiterait le collet inférieurement à la naissance du renflement radical, supérieurement à la moitié de la tigelle. Si nous faisons entrer cet élément en ligne de compte, il faut reporter le dernier point à l'insertion des cotylédons. Je fais cette distinction en raison des quelques cas où nous avons observé l'intégrité continue de la membrane rhizogène, ce qui peut laisser un doute sur la valeur de l'interruption du péricambium comme caractère différentiel de la tige et de la racine.

Geum urbanum. — Après l'étude des Caryophyllées, des Légumineuses, il ne peut nous rester aucun doute sur la valeur des caractères que l'étude du passage de la tige à la racine pourraient fournir à la systématique. Le *Geum* comparé au *Pirus* nous en fournit un nouvel exemple. Dans le cas présent, la plantule est grêle, la puissance de son cylindre central est fort réduite, le passage est lent, les faisceaux libéro-ligneux pénètrent dans les cotylédons avec l'orientation sécantielle.

La racine est normale, elle présente le type deux; les f. vasculaires ne s'unissent pas au centre ; il n'y a pas de changement brusque du volume de l'axe vers le changement d'épiderme. Celui-ci s'opère $0^{m},03$ au-dessous des cotylédons. Le cylindre central conserve encore le faciès radical $0^{m},01$ au delà. Dans le centimètre suivant, les f. vasculaires quittent la couche rhizogène, mais, les parties profondes ne suivant pas le mouvement, le faisceau s'écrase et ses éléments se groupent en une lame perpendiculaire à sa direction primitive et la coupant en croix. Le passage est plus rapide dans le centimètre supérieur. Les faisceaux libériens très grêles se scindent en deux parties qui s'avancent vers les faisceaux vasculaires voisins. Tout en restant fortement écartés ils s'unissent de nouveau un peu plus haut par l'apparition entre eux du faisceau procambial générateur du système conducteur du premier entre-nœud. Les lames vasculaires se coupent en leur milieu; les fractions poussées latéralement vont s'opposer au liber. Les faisceaux libéro-ligneux ont l'orientation sécantielle dès leur formation; ils la présentent encore à la base des cotylédons; là seulement ils se rapprochent de l'orientation radiale sans y atteindre. Le péricambium disparaît devant le milieu des faisceaux. La structure de la tige ne se réalise qu'à la base du premier entre-nœud; le collet comprend toute la portion lisse de la plantule.

CUCURBITACÉES. — Cette famille présente un intérêt tout particulier en raison de la structure anomale de sa tige. Je laisserai de côté la disposition générale des faisceaux, je m'attacherai seulement à montrer l'origine des f. ligneux bordés de liber à leur face interne et externe.

Nous étudierons parallèlement le passage chez le *Cucumis melo* et le *Cucurbita maxima* végétaux qui se présentent non seulement avec un aspect extérieur semblable, mais dont les mêmes éléments se comportent à peu près de la même façon. La plantule possède un diamètre considérable, celui du Potiron est beaucoup plus grand que celui du Melon. Le pivot, grêle dans sa partie inférieure, croît supérieurement très rapidement en diamètre. La tigelle plus large encore que la radicule la déborde et forme au-dessus d'elle une sorte d'auvent. Le talon vient encore accentuer cette disposition. Enfin, la tigelle du Melon est très longue ($0^{m},085$), double de celle du Potiron.

La dilatation brusque de l'axe correspond comme d'ordinaire à des phénomènes rapides; ils sont localisés ici dans le renflement radical; le changement d'épiderme amène le plus souvent le parachèvement de la structure de la tige.

La racine est normale et présente le type quatre; les f. vasculaires et libériens sont très développés; les premiers encastrés en quelque sorte au milieu des derniers. Les formations secondaires apparaissent de très bonne heure mais ne nuisent pas à l'étude. Les faisceaux vasculaires ne se réunissent pas au centre.

La structure du cylindre central s'altère dès la base du renflement radical à plus de 1/2 centimètre du changement d'épiderme. Les f. vasculaires sont les premiers éléments qui entrent en mouvement. Pour abréger, ils se comportent comme ceux du *Phaseolus multiflorus*, avec cette différence pourtant, que l'orientation centrifuge du bois s'observe ici à la hauteur du changement d'épiderme, tandis que chez les *Phaseolus* elle ne se produit qu'à la naissance des cotylédons. Chez le Potiron, les faisceaux gardent pendant quelque temps l'orientation sécantielle, chez le Melon, les mouvements sont continus et très rapides. Les faisceaux médians des cotylédons sont les derniers à présenter l'orientation centrifuge.

Le cylindre central profite surtout de l'accroissement diamétral de la tige; la moelle devient énorme. Dès l'apparition de la cuticule, le rapport des deux cylindres est bien celui que l'on observe dans la tige. Aussitôt après la superposition du bois, les f. libériens diminuent de volume et se ramassent sur eux-mêmes. Les deux masses ligneuses opposées deviennent confluentes, puis se confondent. Ce mouvement correspond à l'entier achèvement des faisceaux centrifuges. Les quatre faisceaux dont nous venons de voir l'origine se divisent (plus hâtivement chez le Potiron que chez le Melon) en segments bientôt séparés par de larges rayons médullaires. Ces nouveaux faisceaux sont remarquables par le développement de leur liber qui déborde le bois. La portion libérienne extra-fasciculaire s'incline vers le bois et le recouvre latéralement; elle s'isole ensuite et s'achemine lentement vers la face interne du faisceau. A peine a-t-elle atteint son but, qu'elle se fixe, s'accroît notablement et donne au faisceau le faciès particulier aux faisceaux conducteurs des Cucurbitacées.

L'endoderme et le péricambium ne sont facilement discernables dans la tigelle qu'en face des faisceaux; ailleurs, il faut une certaine attention pour les différencier du parenchyme. La couche rhizogène est interrompue non seulement en face des faisceaux libéro-ligneux, mais encore çà et là devant de petits faisceaux libériens intermédiaires.

En résumé, structure de la tige dès le changement d'épiderme, ce qui pourrait faire croire à un collet plan ; formation des faisceaux anormaux vers le milieu de la tigelle seulement. La limite supérieure du collet variera donc selon que l'on prendra pour type le faisceau ordinaire des dicotylédones ou le faisceau typique des Cucurbitacées, la limite inférieure restant fixée au point où se fait le développement rapide de la radicule.

Œnothérées. — La graine de l'*Œnothera biennis* donne naissance à une plantule très grêle, longue de $0^m,025$ environ. Le pivot extrêmement ténu se renfle supérieurement pour atteindre le diamètre de la tigelle.

La racine est normale et présente le type trois; deux des faisceaux vasculaires sont opposés, le troisième, beaucoup moins développé, est perpendiculaire à la direction des deux autres (nous avons vu une disposition analogue dans la tigelle du *Medicago*) et ne se réunit pas à eux. Ce faisceau est propre à la racine et disparaît avec le changement d'épiderme. M. Dodel avait signalé dans le *Phaseolus* le cas inverse : cessation de faisceaux caulinaires à la base de la racine. Le fait me paraît nouveau et constitue une exception à la règle de M^{lle} Goldsmith : Lorsque la racine présente trois faisceaux vasculaires, deux se rendent aux cotylédons, le troisième à la première feuille.

Le changement d'épiderme marque le début du passage. Le cylindre central, ne profitant pas de l'accroissement diamétral de l'axe, conserve la structure de cette partie de la racine jusqu'au milieu de la tigelle, soit jusqu'à 1 centimètre des cotylédons. Là apparaît la moelle qui disjoint les faisceaux vasculaires et repousse leurs éléments vers l'extérieur. Ceux-ci augmentent en nombre et d'unisériés se placent sur plusieurs rangs. Les trachées primitives sont ensuite reportées vers l'intérieur, le faisceau s'écrase et prend une direction perpendiculaire à celle qu'il possédait dans la racine; ses extrémités se superposent au liber voisin et ainsi naissent les faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante et confondus par leurs trachées. Cette disposition se conserve jusque dans les cotylédons.

Les masses libériennes situées entre le faisceau vasculaire radical et ses congénères ne se réunissent pas; elles se rapprochent des faisceaux caulinaires et assurent la formation des faisceaux libéro-ligneux. Le troisième se fend en deux et les fragments se comportent comme dans les masses précédentes. Le procambium apparaît au milieu d'eux et réunit pendant quelque temps les deux faisceaux isolés plus bas.

L'endoderme perd ses stigmates et pénètre dans les cotylédons chargé d'amidon. Les cellules rhizogènes diminuent considérablement de diamètre et finissent même par disparaître complètement en face des faisceaux libériens.

En résumé, le collet comprend ici la tigelle entière. La structure de la tige ne se réalise que dans le premier entre-nœud, le manque de puissance du cylindre central, aussi peu développé dans la tigelle que dans la racine, empêchant le renversement total des faisceaux.

OMBELLIFÈRES.—Les trois végétaux (*Heracleum sphondylium*, *Anthriscus sylvestris*, *Fœniculum dulce*) que nous avons étudiés se comportant de la même façon, je ne les séparerai pas dans ce qui suit.

Les trois plantules sont conformées en un cône dont la base répond à l'insertion des cotylédons, le sommet au point végétatif de la racine. Le développement de chaque élément s'opère parallèlement à l'agrandissement du diamètre.

La longueur de la portion lisse est variable, de 3 centimètres et demi chez le Fenouil, elle tombe à 2 centimètres et demi chez l'*Anthriscus*, à quelques millimètres chez l'*Heracleum*, elle devient même nulle dans quelques exemplaires de cette dernière plante; l'insertion des cotylédons est alors marquée par un renflement au sommet de la racine. Cette apparence est très commune chez les Monocotylédones où l'on trouve beaucoup plus de plantules acaules que chez les Dicotylédones. Les cotylédons, connivents à leur base, forment une gaîne qui est souvent percée par le point végétatif qui fait alors saillie latéralement, ce qui a complètement enduit en erreur M. Germain de Saint-Pierre dans sa recherche du collet (1).

La racine présente le type binaire; elle serait normale sans la structure toute spéciale de la couche rhizogène, due à la présence de nombreux canaux sécréteurs signalés et décrits par Van Tieghem, auquel (2) je renverrai pour ne pas trop m'écarter de mon sujet.

La longueur de la tigelle n'influe en rien sur la structure de la tigelle en son sommet. Nos trois végétaux présentent exactement la même disposition de leurs éléments lors de la naissance des feuilles séminales. Les premières phases portent sur le système tégumentaire. Le cylindre central conserve le faciès radical sur la plus grande partie du parcours de la tigelle. Le report des trachées primitives vers l'intérieur débute à 2 millimètres des cotylédons chez l'*Heracleum*, 5 millimètres chez l'*Anthricus*, 2 centimètres chez le Fenouil. Les autres phénomènes exactement semblables se produiront ensuite très rapidement, dans le parcours du dernier millimètre dans les deux premiers végétaux, plus lentement, dans le dernier centimètre chez le Fenouil. La moelle apparaît, les f. vasculaires sont repoussés vers l'extérieur, leurs éléments augmentent et se disposent en masse cunéiforme bientôt fendue en V par introduction du tissu conjonctif. Les deux branches appliquées contre le liber se scindent chacune en deux masses et donnent ainsi naissance par le processus que nous avons étudié chez le *Raphanus* et le *Nigella* aux faisceaux latéraux et médians des cotylédons. Les faisceaux latéraux sont radiaires et à bois centrifuge dès leur origine : les faisceaux médians restent centripètes et confondus en V jusqu'à la séparation des cotylédons. Ils prennent seulement alors l'orientation centrifuge par une fusion analogue à celle que nous avons représentée chez le *Nigella* dans la figure 6. Le liber suit les divisions du bois; chaque faisceau libérien se fend en quatre parties; trois masses procambiales apparaissent dans les intervalles et se joignent aux fragments.

---

(1) *Dictionnaire de botanique* (art. Collet), par G. de Saint-Pierre.

(2) *Recherches sur les canaux sécréteurs. Ann. sc. nat.* Botanique, 5e série, t. XVI.

En résumé, chaque cotylédon reçoit trois faisceaux libéro-ligneux provenant d'un même f. vasculaire radical et des deux demi-faisceaux libériens voisins. L'endoderme et le péricambium passent entièrement dans ces organes. Une partie des canaux sécréteurs semble se perdre; chaque f. libéro-ligneux ne présentant à sa face externe qu'un seul de ces organes, beaucoup plus développé, il est vrai, que ses congénères de la racine.

Les limites de la tigelle sont encore ici celles du collet. La structure de la tige n'apparaît que dans le premier entre-nœud.

Caprifoliacées. — *Sambucus nigra*. La plantule très grêle du Sureau mesure 7 centimètres 6. La racine, longue de 4 centimètres, est conique et atteint insensiblement le diamètre de la tigelle; elle est normale, présente le type deux (1).

Les f. vasculaires sont confondus au centre.

Le passage commence par la transformation du système tégumentaire. Le cylindre central conserve le faciès radical 1 centimètre au delà. La moelle apparaît d'abord et repousse les faisceaux vasculaires vers le péricambium après les avoir séparé; elle disparaît un peu au-dessus par un mouvement inverse causé par l'interposition du tissu conjonctif entre le péricambium et les trachées extérieures qui sont ainsi reportées à la hauteur de la face interne du liber. Il y a là une sorte de lutte dans l'établissement de l'ordre des phénomènes. La moelle ne reparaît ensuite qu'à 2 centimètres et demi du changement d'épiderme. Peu puissante jusqu'au troisième centimètre, elle s'accroît alors rapidement, refoule de nouveau les faisceaux vasculaires qui, cette fois, s'écrasent et prennent une disposition perpendiculaire à leur direction dans la racine. La superposition au liber s'effectue, les faisceaux libéro-ligneux s'isolent. Opposés bout à bout, ils possèdent l'orientation sécantielle qu'ils gardent à peu de chose près jusque dans les cotylédons.

---

(1) M$^{\text{lle}}$ Goldsmith, *loc. cit.*, § 5, assigne six faisceaux au genre *Sambucus*. Je pense qu'il y a là erreur. Le peu de volume de la graine, la présence d'un albumen, font que l'embryon, fort petit, ne comporte pas un aussi grand développement du système conducteur.

Les faisceaux libériens s'étalent considérablement, mais ne se divisent qu'à la séparation des cotylédons; chacun donne naissance à cinq masses dont les trois médianes procambiales passent dans le premier entre-nœud ; les latérales contribuent seules à la formation des faisceaux libéro-ligneux cotylédonaires. L'endoderme se transforme en assise amylifère ; le péricambium reste indemne, mais dans le voisinage des cotylédons, le diamètre des cellules opposées aux faisceaux libériens est plus faible que celui des autres cellules. Le cylindre central augmente légèrement de diamètre ; il n'occupait pas le quart du rayon dans la racine ; il en couvre le tiers dans la tigelle.

Le collet comprend chez le Sureau la tigelle entière, sans que cet organe revête en aucun de ses points la structure type de la tige.

Rubiacées. — Le *Galium aparine* possède une plantule grêle à racine conique mesurant 1 centimètre et demi, et s'unissant à la tigelle sans changement brusque dans le diamètre. Cette dernière est longue de 16 millimètres environ. La racine normale présente le type binaire ; l'assise pilifère fugace recouvre une membrane épidermoïdale bien caractérisée ; les faisceaux vasculaires sont unis au centre.

Comme dans toutes les plantules où le cylindre central n'augmente pas de volume en passant de la racine dans la tigelle (le rapport des deux cylindres ne varie dans le cas présent qu'entre les limites un cinquième à un quart), les phénomènes sont lents, la structure de la tige ne se réalise qu'au delà des feuilles séminales ; les éléments provenant de la racine se perdent entièrement dans les cotylédons avant d'avoir passé par tous les états transitoires.

Lors de l'apparition de l'épiderme cuticularisé, la membrane épidermoïdale fait place à une assise de collenchyme. Le cylindre central de la racine se prolonge, dans la partie inférieure de la tigelle, un demi-centimètre au delà de la transformation des téguments. Entre ce point et l'apparition de la moelle, qui a lieu à 3 millimètres des cotylédons, les trachées primitives sont repoussées vers l'intérieur jusqu'à la hauteur de la face interne du liber. Le tissu conjonctif pénètre entre les faisceaux vasculaires, les sépare, les coupe en V en pénétrant au milieu d'eux, repousse les branches contre le liber en se multipliant entre elles et amène finalement la formation de quatre faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante et confondus deux à deux par leurs trachées primitives. La segmentation des faisceaux libériens qui s'opère simultanément achève la formation des faisceaux. L'orientation transitoire se conserve jusqu'à la naissance des cotylédons. L'endoderme ne présente rien de particulier; le péricambium ne disparaît pas en face du liber, mais les cellules opposées à cet élément sont plus petites que les cellules voisines. Le collet du *Galium aparine* comprend toute l'étendue de la tigelle.

VALÉRIANÉES. — *Centranthus ruber*. Le semis m'ayant fourni des végétaux de tailles très différentes, variant entre 3 et 7 centimètres, mais de diamètre sensiblement égal, j'ai profité de l'occasion qui m'était offerte de m'assurer que : *dans la même espèce, la structure de l'axe à la naissance des cotylédons restait la même, quel que fut l'élongation que prenait la plantule, les différences fussent-elles considérables comme dans le cas présent*. Le développement diamétral a seul de l'influence sur la rapidité des phénomènes.

Le végétal étudié mesure 6 centimètres 8. La racine ne comprend que 5 millimètres; elle est normale, appartient au type binaire et ne se renfle pas à son sommet.

Les phases du passage sont celles du *Galium*; elles se produisent dans le même ordre et de la même façon; les f. libéro-ligneux s'isolent complètement, ils gardent l'orientation sécantielle jusque dans les cotylédons. Le péricambium disparaît en face du milieu des f. libériens; la disparition commence vers le milieu de la tigelle, elle ne se fait pas simultanément sur tous les faisceaux; elle ne s'achève qu'au sommet de la tigelle. Le cylindre central conserve le faciès radical jusqu'au milieu de la partie lisse. Le report des trachées vers l'intérieur se produit entre le troisième et le quatrième centimètre et demi. En ce dernier point apparaît la moelle qui divise les faisceaux libériens, coupe les faisceaux vasculaires en V, etc. Les faisceaux libéro-ligneux isolés et sécantiels n'apparaissent qu'à 3 millimètres des cotylédons.

Toujours même délimitation du collet : l'étendue de la tigelle.

Dipsacées. — *Dipsacus laciniatus.* Le système vasculaire du premier entre-nœud peut, avons-nous vu, se prolonger dans la racine, et cela de façon différentes : tantôt certains faisceaux radicaux entiers dépassent les cotylédons (*Medicago*, *Ervum*, *Tropæolum*) et constituent alors la ou les nervures médianes des premières feuilles, tantôt (*Ervum*, *Lathyrus*) c'est une portion de tous les faisceaux qui va former une masse médiane anomale au centre de la tige. Le *Dipsacus* va nous faire connaître une nouvelle manière d'être de ces faisceaux communs : les nervures médianes et latérales des deux premières feuilles pénètrent dans l'axe hypocotylé et en parcourent librement une certaine étendue. Elles se fondent ensuite complètement avec les faisceaux cotylédonaires en transformant leurs trachées en vaisseaux réticulés qui occuperont plus bas la partie profonde des faisceaux vasculaires de la racine. Ces vaisseaux réticulés ne sont aucunement de formation secondaire, car les végétaux étudiés ne présentaient pas la moindre trace de division cambiale. Ce cas s'éloigne complètement de ce qui se passe ordinairement. Lorsque l'on suit les formations propres au premier entre-nœud dans l'axe hypocotylé et de là dans la racine, lorsqu'elles se poursuivent jusque-là, on les voit se fixer contre le liber, échanger leurs trachées pour des vaisseaux ponctués et se continuer dans la racine non à l'état de bois primaire mais de bois secondaire. M. Dodel a parfaitement suivi cette marche chez le *Phaseolus*, j'ai pu l'observer maintes fois.

Le *Dipsacus* est encore intéressant par la disposition que prennent les faisceaux en certains points de l'axe hypocotylé.

La plantule est de diamètre moyen, sa longueur est considérable; elle atteint 8 centimètres. Les deux portions sont coniques et s'unissent sans donner lieu à un renflement à leur point de contact.

La racine longue de 3 centimètres présente une membrane épidermoïdale bien nette. Les cellules du péricambium en voie de division dépassent en grandeur celles de l'endoderme. Le cylindre central elliptique (fig. 46, pl. 18) contient deux faisceaux vasculaires largement séparés par la moelle.

Les modifications dans le cylindre central commencent peu au-dessus du changement d'épiderme; les mouvements sont lents; le collet mesure 5 centimètres. Le recul des faisceaux vasculaires vers l'intérieur ne demande pas moins de 2 centimètres et demi pour s'opérer. Pendant ce temps le nombre de leurs éléments s'accroît sensiblement. Cette augmentation et le déplacement amènent la disparition de la moelle (fig. 47). Elle reparaît vers le troisième centimètre; au lieu d'isoler les deux faisceaux, elle s'étend au milieu d'eux parallèlement à leur direction et les divise en deux lames symétriques. Ces lames, repoussées latéralement et par toute leur surface en même temps, vont recouvrir en entier les faisceaux libériens (fig. 48). Dans le trajet du troisième au quatrième centimètre, ces deux masses libéro-ligneuses se divisent chacune en trois parties. Les médianes destinées aux premières feuilles subissent peu à peu les modifications dont nous avons parlé plus haut; elles forment par leur division les nervures latérales de ces deux mêmes feuilles. Les faisceaux extrêmes possèdent d'abord un bois centripète; ils se condensent bientôt sur eux-mêmes, de lamelleux deviennent cunéiformes et transportent leurs trachées primitives au sommet de ces coins. L'orientation sécantielle se dessine, elle persiste quelque temps, puis s'efface par un léger mouvement de rotation des faisceaux qui les rapproche beaucoup de l'orientation radiale. Celle-ci ne se réalise pas cependant avant la naissance des cotylédons (fig. 50). Vers ce point apparaissent les nervures latérales des feuilles séminales.

Les cellules du péricambium décroissent sensiblement; elles continuent à former une assise continue, mais les éléments opposés au liber s'en distinguent fort mal.

Le rapport des deux cylindres pris dans la racine (1/5) et vers les cotylédons (1/2) montre que la partie centrale prend un accroissement considérable dans le parcours de la tigelle.

Le collet comprend la tigelle entière; l'axe hypocotylé présente une structure fort approchée de celle de la tige en son sommet.

Composées. — Nous étudierons le Carthame et le *Tagetes erecta*.

1° *Carthamus tinctorius*. — La division des faisceaux vasculaires est en somme semblable à celle que nous avons décrite chez le *Dipsacus*, mais la destinée des faisceaux médians est tout autre; ils formeront les nervures latérales des cotylédons; le système radical n'a plus rien de commun avec le premier entrenœud.

La plantule est assez volumineuse; l'union de ses deux parties n'est pas marquée par un renflement de l'axe. La racine mesure 2 centimètres et demi; la tigelle 3 centimètres et demi.

Le pivot présente le type binaire; sa structure serait normale sans le dédoublement de l'endoderme en face des faisceaux libériens, dédoublement qui donne naissance aux canaux sécréteurs (1). Les faisceaux vasculaires puissants sont très rapprochés.

Le système tégumentaire marque par sa transformation la première phase du passage. Le report des trachées vers l'intérieur et l'union consécutive des faisceaux vasculaires s'observe presque aussitôt après. La moelle fait son apparition peu au delà,

---

(1) Voy. Ph. van Tieghem : Mémoire sur les canaux sécréteurs, p. 99, *Ann. sc. nat.*, 1872.

elle s'accroît très rapidement et sépare les faisceaux vasculaires en quatre masses : deux cunéiformes opposées, formées par la portion trachéenne des faisceaux ; deux lamelleuses comprenant les vaisseaux réticulés. Ces derniers s'opposent immédiatement au milieu des faisceaux libériens ; ce sont les analogues des faisceaux des premières feuilles du *Dipsacus*. Ils subissent les mêmes transformations de leurs éléments, mais au sommet de la tigelle chacun se subdivise en quatre faisceaux qui se rendent moitié dans un cotylédon, moitié dans l'autre pour en former les nervures latérales. Cette apparition des nervures latérales peu au-dessus du pivot est une des plus hâtives que nous connaissions. Les faisceaux cunéiformes centripètes restent intacts jusqu'au sommet du premier centimètre au delà du changement d'épiderme ; ils sont ensuite fendus en V par pénétration de la moelle et s'opposent au liber. Les deux segments restent confondus quelque temps par les trachées les plus étroites. Au moment de leur séparation (vers le deuxième centimètre) leurs extrémités sont généralement tournées vers l'extérieur, l'extrémité externe des faisceaux n'ayant pas atteint dans leur mouvement de recul la hauteur de la face interne des faisceaux libériens. L'orientation selon la sécante ne s'observe que près des cotylédons, elle se produit par concentration des éléments étendus en lame jusque-là. Elle persiste jusqu'à la naissance des feuilles séminales ; là, les deux faisceaux voisins tournent légèrement sur eux-mêmes, disposent parallèlement leurs éléments et se confondent en un gros faisceau nettement radial.

Les faisceaux libériens ne se divisent que dans le tiers supérieur de la tigelle. Chacun d'eux donne naissance : 1° à trois grosses masses correspondant aux faisceaux vasculaires opposés ; 2° à deux petits faisceaux intermédiaires destinés à former les nervures latérales des feuilles supérieures. La nervure médiane de celle-ci n'apparaît qu'au sommet de la tigelle lors de la libération des faisceaux latéraux des cotylédons avec lesquels elle est confondue plus bas. Le péricambium disparaît peu à peu en face du liber. L'endoderme entraîne dans les cotylédons les canaux résineux. On en trouve un en face de chaque faisceau; la nervure médiane qui résulte de la confluence des deux faisceaux en possède deux. Les canaux changent complètement de caractère en passant dans les cotylédons, ils sont là beaucoup plus grands et mieux caractérisés que dans l'axe. Nous avions signalé la même transformation chez les Ombellifères.

La puissance du cylindre central s'accroît d'une façon notable. N'occupant que le 1/6 du rayon dans la racine, il en couvre le 1/4 au sommet de la tigelle.

En résumé : structure de la tige réalisée seulement au point de départ des cotylédons; le collet comprend la tigelle entière.

2° *Tagetes erecta.* — Le collet a les mêmes délimitations chez le *Tagetes erecta*, mais la marche des éléments est tout autre.

Le passage de la tige à la racine est souvent décrit en prenant pour type le *Tagetes patula* qui se comporte exactement comme le végétal qui nous occupe. Cet exemple doit être abandonné. La conduite des éléments vasculaires est spéciale; on la retrouve, il est vrai, chez le *Raphanus*, l'*Ipomea purpurea*, le *Datura stramonium*, mais les cas en sont trop peu nombreux pour que ce type s'impose. Les trachées primitives s'isolent, mais elles ne vont point rejoindre le reste des faisceaux vasculaires comme chez le *Raphanus*.

La plantule est grêle; la tigelle mesure 4 centimètres; le pivot est de moitié moins long. La juxtaposition des deux organes ne donne lieu à aucune dilatation brusque de l'axe. La structure de la racine est celle du pivot du Carthame.

Les transformations commencent en même temps dans les deux cylindres. Pendant que s'effectue le changement d'épiderme, les faisceaux libériens se coupent en leur milieu. Les fragments s'éloignent l'un de l'autre et se placent de prime abord dans le voisinage des faisceaux vasculaires. Le cylindre central devient prismatique et les faisceaux libériens occupent les angles du prisme; ils conservent cette position jusqu'à la naissance des cotylédons. Ils entraînent dans leur marche latérale le système sécréteur qui se divise pour les suivre. La formation des faisceaux libéro-ligneux est très rapide ; elle est achevée 5 millimètres au-dessus du pivot. Les faisceaux vasculaires entamés par leur face interne se coupent en V. La pénétration radiale du tissu conjonctif s'arrête en face de la trachée primitive ; elle s'opère alors latéralement et sépare cet élément du reste du faisceau (fig. 51, pl. 18). Les branches isolées sont simultanément repoussées : 1° vers l'intérieur pour atteindre la hauteur du liber ; 2° latéralement pour se superposer à cet élément. Les deux faisceaux libéro-ligneux ont manifestement leur bois dirigé vers la trachée isolée. Ils gardent cette disposition sur la plus grande partie de la tigelle, tant que la trachée demeure fixée contre la couche rhizogène. Ils changent ensuite peu à peu d'orientation au fur et à mesure que celle-ci s'enfonce dans le tissu conjonctif et finissent par prendre l'orientation sécantielle (1). Ils rassemblent ensuite en coin massif leurs éléments étendus jusque-là en lame. On rencontre parfois deux trachées isolées au lieu d'une ; elles sont alors toujours situées à la même hauteur, mais désunies, l'une plus rapprochée d'un faisceau, l'autre de l'autre. A la naissance des cotylédons les faisceaux libéro-ligneux tournent légèrement sur eux-mêmes mais ne prennent pas cependant l'orientation radiale ; par leur division ils forment les nervures latérales. Le système sécréteur les suit sans se modifier comme celui du Carthame. Les cellules rhizogènes se confondent totalement avec le liber en face de cet élément. L'agrandissement du cylindre central est peu sensible, toutes proportions gardées.

CAMPANULACÉES. — *Campanula rapunculoïdes*. La plantule rivalise d'exiguïté avec celle du *Silene* ; malgré ses faibles dimensions, nous trouvons à la base des cotylédons une structure fort approchée de celle de la tige. Le *Silene* nous avait offert quelque chose d'analogue.

La racine très grêle mesure 8 millimètres ; elle se renfle assez rapidement à sa base pour permettre l'insertion de la tigelle. Celle-ci est longue de 15 millimètres. La structure du pivot est normale ; il présente le type binaire ; les faisceaux

(1) Fig. 52, pl. 18.

vasculaires sont libres ; ils ne comprennent que deux trachées.

Le changement d'épiderme n'amène aucune modification dans le cylindre central ; celui-ci conserve le type radical dans la moitié inférieure de la tigelle. Pendant ce parcours, les faisceaux conducteurs doublent et même triplent le nombre de leurs éléments, si bien que les vaisseaux, se rencontrant au centre et ne pouvant rester sur une seule ligne, se disposent sur plusieurs rangs. Le refoulement des trachées primitives vers l'intérieur facilite encore cette disposition. La moelle apparaît ensuite, sépare de nouveau les faisceaux vasculaires, les pénètre, les coupe en V, enfin en isole les deux branches. Ces masses repoussées latéralement s'opposent au liber. Les faisceaux libériens se divisent en ce point, quatre faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante apparaissent. Leur achèvement correspond à la naissance des cotylédons. Dans leur trajet pour se rendre à ces organes, les deux faisceaux voisins tournent sur eux-mêmes, se disposent parallèlement, se rapprochent, enfin se confondent en un faisceau unique radial.

Au sommet de la tigelle, la membrane rhizogène ne se distingue plus du liber en face des faisceaux. Le collet s'étend sur toute la longueur de la tigelle.

CONVOLVULACÉES. — *Ipomea purpurea.* Le passage s'opère de la même façon chez le Volubilis que chez le *Tagetes erecta*, mais les phénomènes portent sur quatre faisceaux vasculaires.

La plantule possède un volume moyen, sa longueur est assez grande.

La racine, longue de 4 centimètres, grêle sur la plus grande partie de son parcours, augmente rapidement de volume dans les 5 millimètres inférieurs.

La tigelle mesure $0^{m},065$, elle est terminée par deux cotylédons foliacés.

La structure prise au delà du renflement est normale ; la m. épidermoïdale est fort visible. Le c. central est carré ; chaque angle est occupé par un faisceau vasculaire ; la m. rhizogène double ses éléments en face de ces points. Une large moelle occupe le centre.

Le passage débute ici au-dessous du changement d'épiderme dans la partie renflée de la racine, et, chose tout à fait nouvelle, dans le liber, les faisceaux libériens se divisent en deux parties égales qui se rapprochent rapidement des faisceaux vasculaires. Ce déplacement correspondant à l'élargissement du cylindre central, les deux faisceaux se trouvent bientôt à une distance considérable. Ils laissent entre eux de petites masses procambiales, premier indice du système conducteur du premier entre-nœud. Les autres parties de la racine conservent leur disposition jusqu'au changement d'épiderme; là les faisceaux vasculaires, repoussés vers l'extérieur, s'écrasent et groupent leurs éléments en un T dont la branche verticale est formée par les éléments les plus étroits toujours adossés à la couche rhizogène. Ce T se transforme ensuite en V par pénétration du tissu conjonctif au milieu de la branche verticale. Vers le premier centimètre le faisceau se coupe en trois parties, isolant la trachée primitive, comme chez le *Tagetes erecta*. Les branches latérales s'opposent au liber, mais restent tournées vers l'extérieur pendant 2 centimètres encore; elles prennent alors l'orientation sécantielle qu'elles conservent jusqu'à 1/2 centimètre des cotylédons; là les faisceaux précédemment lamelleux rassemblent leurs éléments en une masse cunéiforme; les nervures latérales prennent l'orientation radiale, les autres restent légèrement inclinées. Les faisceaux pénètrent en cet état dans les cotylédons, où nervures médianes et latérales se rapprochent au point de n'être plus séparées que par de véritables rayons médullaires. Dans le même temps, les trachées isolées s'enfoncent et se maintiennent à la hauteur du bois des faisceaux voisins, elles ne s'unissent jamais à aucun d'eux. Celles qui correspondent aux faisceaux médians des cotylédons passent dans ces organes, les autres disparaissent au moment de la séparation des nervures latérales. La couche rhizogène disparaît totalement en face des faisceaux libériens. Le cylindre central s'accroît d'une façon inusitée; aussi puissant que le cylindre cortical dans la racine, il est trois fois aussi étendu dans la tigelle.

Le collet de l'*Ipomea* comprend, outre la tigelle, la partie basilaire de la racine.

POLÆMONIACÉES. — L'embryon développé du *Polæmonium cæruleum* mesure 14 millimètres partagés également par le changement d'épiderme. La racine très grêle à son sommet s'accroît insensiblement pour atteindre le diamètre de la tigelle qui est loin d'être considérable. La racine est normale dans toute sa longueur, elle présente le type binaire, les faisceaux vasculaires ne s'unissent pas au centre.

Jusqu'à 1 millimètre des cotylédons, les seules modifications apportées à la structure de la racine sont : le changement d'épiderme, la disparition de la membrane épidermoïdale, la division des faisceaux libériens.

Dans le dernier millimètre, les faisceaux vasculaires, comprimés en quelque sorte par le développement rapide du tissu conjonctif à leurs faces interne et externe, s'écrasent en lames appuyées par leurs extrémités aux faisceaux libériens voisins. Les deux faisceaux libéro-ligneux qui naissent de cette juxtaposition sont confondus par leurs trachées les plus étroites, et présentent l'orientation sécantielle. Lors de la séparation des cotylédons, ces faisceaux tournent légèrement sur leurs éléments communs; ils s'inclinent l'un sur l'autre formant un V à pointe interne; ils ne réalisent pas l'orientation radiale. L'endoderme se confond avec le parenchyme cortical; le péricambium disparaît en face du milieu des faisceaux libériens. Le collet comprend encore la tigelle entière, avec renversement des plus rapides des faisceaux ligneux au sommet seulement de l'axe hypocotylé.

HYDROPHYLLÉES. — La longueur de la plantule de l'*Hydrophyllum canadense* est de 3 centimètres également répartis entre la tigelle et la radicule. Cette dernière reste grêle jusqu'à 2 millimètres du changement d'épiderme, elle augmente alors très rapidement de volume pour atteindre le diamètre de la partie lisse.

La structure de la racine est normale; la membrane épidermoïdale bien différenciée; le cylindre central contient deux faisceaux vasculaires unis au centre. L'interposition du tissu conjonctif entre le péricambium et les trachées externes commence un peu avant le changement d'épiderme, mais le mouvement de recul des faisceaux est bientôt arrêté en raison : 1° de l'étroitesse du cylindre central qui ne permet pas aux vaisseaux de s'étaler ; 2° de la confluence des faisceaux. Le faciès radical du cylindre central se conserve dans la moitié inférieure de la tigelle. Au delà de ce point la moelle apparaît ; en séparant d'abord les faisceaux vasculaires, elle permet un nouveau mouvement de recul vers l'intérieur de ces éléments : leur extrémité externe atteint la face interne du liber. Vers le premier centimètre, le parenchyme s'introduit au milieu des faisceaux, les coupe en V, puis sépare complètement les deux branches. Celles-ci, repoussées latéralement, vont s'accoler au liber tout en conservant leur orientation centrifuge, comme nous l'avons vu faire précédemment aux faisceaux du *Dipsacus laciniatus ;* ils conservent cette disposition jusque dans les cotylédons où un mouvement fort peu accentué de concentration tend à faire prendre l'orientation sécantielle à ces éléments, sans que celle-ci apparaisse. Le liber se divise en trois parties vers le treizième millimètre ; la masse procambiale médiane, destinée à joindre l'axe hypocotylé au premier entrenœud, apparaît lors de cette première division. La couche rhizogène semble se confondre avec le liber dans ses points de contact avec cet élément.

L'axe hypocotylé est loin de présenter la structure de la tige en aucun de ses points ; celle-ci n'apparaît qu'au delà des cotylédons : le collet comprend la partie supérieure de la racine et la tigelle entière.

Borraginées. — *Lithospermum gremil.* Plantule peu volumineuse mesurant 0^{m},055. La racine, grêle sur la plus grande partie de sa longueur, grossit assez rapidement vers sa base pour se mettre en concordance avec la tigelle. Sa longueur est de 2 centimètres. Sa structure est normale ; elle présente le type binaire. Dans la partie grêle les deux faisceaux vasculaires sont réunis.

Les phénomènes de transition se font déjà sentir dans la racine aussitôt après l'agrandissement du diamètre de cet organe. La moelle apparaît et sépare les deux faisceaux ligneux; du tissu conjonctif s'interpose entre les trachées primitives et le péricambium. Dans le premier centimètre au-dessus du pivot, les vaisseaux les plus étroits sont repoussés jusqu'à la hauteur de la face interne du liber; la partie profonde du faisceau ne s'enfonçant pas dans la moelle celui-ci s'élargit. Pendant le parcours du deuxième centimètre les faisceaux vasculaires sont coupés en V. Dans le centimètre suivant la pénétration du parenchyme se faisant latéralement, les branches du V se séparent de la pointe; bientôt après celle-ci se divise à son tour; ses deux portions vont rejoindre les masses principales, qui se sont adossées au liber; les faisceaux libériens se divisent en trois parties selon le mode habituel. Entre le troisième centimètre et la naissance des cotylédons, les faisceaux vasculaires rassemblent leurs éléments étendus en lame plus bas et prennent l'orientation sécantielle; ils la conservent dans les cotylédons. Au sommet de la tigelle les cellules de l'endoderme ne se différencient des éléments voisins que par la présence des grains d'amidon spécial et leur alternance avec les cellules du péricambium. Celui-ci disparaît peu à peu en face du liber.

En résumé, la structure de la tige ne s'observe en aucun point de l'axe hypocotylé, et cependant le collet comprend outre la tigelle l'extrémité supérieure de la racine.

Solanées. — Nous étudierons dans cette famille deux végétaux qui se comportent différemment.

1° *Datura stramonium*. La plantule de la Pomme épineuse nous présente à peu près la même série de transitions que le *Tagetes*, le *Convolvulus*, le *Raphanus*. Le tissu conjonctif ne sépare pas la trachée primitive de la couche rhizogène, aussi voyons-nous les faisceaux vasculaires conserver l'orientation centripète jusque dans les cotylédons. Les portions internes de ces faisceaux sont seules repoussées contre le liber.

La *trachée primitive* doit jouer un rôle des plus importants dans la marche des phénomènes, elle *semble diriger les mouvements des faisceaux ligneux*. Nous avons vu qu'elle conservait sa position chez le *Raphanus* et le *Datura* et les faisceaux ligneux rester centripètes. Il en était de même chez le *Tagetes* et le *Convolvulus* jusqu'au point où la trachée primitive gagnait l'intérieur. On dirait que cet élément joue le rôle d'un aimant; se déplace-t-il, les faisceaux le suivent; s'arrête-t-il, ils font de même; connaît-on sa situation, on pourra préjuger de l'orientation des faisceaux!

Le *Datura* nous présente encore d'autres faits intéressants, d'importance secondaire il est vrai, mais qui doivent cependant nous retenir. Le volume de la plantule est moyen. La racine mesure 12 millimètres, la tigelle 0^{m},055.

Le pivot présente le type binaire; sa structure est normale; les faisceaux vasculaires sont réunis au centre. Son diamètre s'accroît d'une façon très notable en s'avançant vers la tigelle, aussi n'est-il pas étonnant de voir débuter les phénomènes dans le cylindre central, c'est-à-dire avant le changement d'épiderme : la moelle apparaît avant ce point. Les faisceaux vasculaires se divisent à la base de la tigelle, mais d'une façon toute nouvelle. Le tissu conjonctif les entame latéralement et sépare complètement (fig. 53, pl. 18) les faisceaux les plus étroits des éléments les plus larges. Ces derniers se divisant d'abord en deux masses s'opposent aux vaisseaux libériens qui se sont divisés pour venir à leur rencontre. Ceux-ci abandonnent plusieurs petits faisceaux dans leur marche latérale; parmi eux, certains restent appuyés contre le péricambium; les autres s'enfoncent peu à peu dans la moelle et vont se placer en face des faisceaux vasculaires. Il en part d'abord quatre, correspondant chacun à un des demi-faisceaux vasculaires; plus haut quatre nouvelles masses suivront les premières. En se fixant à la face interne des faisceaux libéro-ligneux, ils donneront aux faisceaux conducteurs la structure anormale qu'on leur connaît chez les Solanées. Je ferai remarquer que cette origine des faisceaux bicollatéraux est semblable en tous points à celle des faisceaux anormaux des Cucurbitacées. Vers le premier centimètre le faisceau vasculaire médian se divise en trois parties : deux latérales comprenant plusieurs éléments qui vont rejoindre les masses déjà opposées au liber, une médiane formée par la trachée primitive. Les faisceaux libéro-ligneux ont leurs trachées disposées en une lame à croissance centripète. Ils conservent cette orientation dans la tigelle et dans les cotylédons (fig. 54). La couche rhizogène se confond peu à peu avec le liber en face des faisceaux.

La structure de la tige est loin de se réaliser dans l'axe hypocotylé, elle n'apparaîtra qu'au delà des cotylédons. L'insertion de ces organes marque la limite supérieure du collet chez le Datura, le renflement radical la limite inférieure.

2° *Atropa Belladona.* — Le renversement des faisceaux vasculaires est encore moins prononcé chez la Belladone que dans le cas précédent ; ils pénètrent dans les cotylédons à l'état de V. Cet état d'infériorité tient non seulement à l'attache persistante des trachées primitives à la couche rhizogène, mais aussi au peu d'amplitude du cylindre central qui ne permet pas les mouvements.

Le diamètre de la plantule est faible, elle mesure 5^c,5 sur lesquels la portion villeuse recouvre 2 centimètres. La radicule, très grêle sur la plus grande partie de son parcours, augmente assez rapidement de diamètre dans sa partie supérieure ; sa structure est normale, elle présente le type binaire ; la membrane épidermoïdale est bien développée ; les faisceaux vasculaires ne s'unissent pas au centre. Le cylindre central conserve le faciès radical jusqu'à 5 millimètres des cotylédons, c'est-à-dire 3 centimètres au delà de la transformation du système tégumentaire. A partir de ce point, on voit les vaisseaux se multiplier beaucoup, puis se dissocier par apparition de tissu conjonctif entre leurs éléments, enfin prendre la disposition en V par leur refoulement contre le liber. Parfois les branches du V s'isolent, mais elles ne sont jamais séparées par plus d'une cellule. C'est dans cet état que ces faisceaux pénètrent dans les cotylédons. Les faisceaux libériens, dans le même temps, se coupent d'abord en trois parties pour aller au devant des faisceaux vasculaires et mettre le premier entre-nœud en communication avec la racine ; ils subissent ensuite de nouvelles divisions. Les faisceaux de seconde formation s'avancent dans la moelle et vont recouvrir la face interne des faisceaux libéro-ligneux par un processus semblable à celui que j'ai décrit chez le Datura. La couche rhizogène, pénétrée par le liber, disparaît en face des faisceaux.

La structure de la tige ne se réalise que dans le premier entre-nœud. Le collet ne comprend que la tigelle.

Scrophularinées. — *Veronica hederæfolia.* Plantule de faible puissance, mesurant $4^c,5$. La racine, longue de 1 centimètre seulement, augmente surtout de volume dans sa partie supérieure sans qu'il y ait pour cela de saut brusque dans le diamètre. La membrane épidermoïdale est fort visible ; le péricambium formé de deux rangs de cellules en face des faisceaux vasculaires ; le liber fort étalé, les faisceaux vasculaires non réunis au centre.

Il faut remonter 2 centimètres au-dessus de la transformation des téguments, avant de trouver une nouvelle modification. Là apparaît le tissu conjonctif entre les trachées et le péricambium. Les faisceaux sont repoussés en bloc vers l'intérieur, mais le mouvement s'arrête avant que les éléments les plus externes se soient engagés dans la moelle. Aussi lorsque un peu plus haut, la moelle coupant ces faisceaux en V, puis les séparant en deux masses, aura formé deux petits faisceaux avec chacun d'eux, ces éléments auront leurs trachées les plus étroites tournées vers l'extérieur. Ils s'opposeront au liber tout en conservant cette disposition. Vers les cotylédons ils se ramassent sur eux-mêmes et prennent l'orientation sécantielle. Ils ne la perdent qu'en pénétrant dans les cotylédons ; ils se rapprochent de l'orientation radiale en tournant légèrement sur eux-mêmes, mais conservent une disposition inclinée.

Les faisceaux libériens ne se divisent qu'à la séparation des cotylédons ; ils donnent naissance aux trois masses obligatoires. Après avoir disloqué la couche rhizogène par leur pénétration, ils s'appuient directement sur l'endoderme.

Le collet comprend la tigelle seulement. La structure de la tige est presque réalisée à la naissance des cotylédons, moins toutefois l'élargissement du cylindre central qui reste fort étroit. Il est très rare d'observer dans la tigelle les deux cylindres avec la puissance qu'on leur connaît dans la tige. De toutes les modifications, l'élargissement du cylindre central, dans des proportions convenables, est certainement de beaucoup la plus difficile à obtenir. D'une façon générale, il se produit plus souvent dans les végétaux à grand diamètre que dans les autres. L'*Ipomea purpurea*, avons-nous vu, fait cependant exception à cette règle.

LABIÉES. — *Phlomis fruticosa.* La plantule est de volume moyen, mais fort allongée (0^m,075). Le diamètre s'accroît insensiblement depuis l'extrémité de la racine jusqu'au changement d'épiderme; il décroît ensuite plus insensiblement encore jusqu'à l'insertion des cotylédons.

La radicule, longue de 0^m,025, s'éloigne du type normal en ce que la trachée primitive ne s'appuie pas immédiatement sur la première rangée de cellules après l'endoderme, mais sur la seconde. J'ai signalé plusieurs fois ce fait et notamment chez la plupart des Corolliflores étudiées. On pourrait peut-être tirer de là une caractéristique de ces végétaux. Je n'ai pas poussé assez loin ces recherches pour poser le fait en principe, je me contente de le signaler à l'attention. Les faisceaux libériens ne sont jamais séparés de l'endoderme que par une seule assise de cellules. La couche supplémentaire semble être propre à la racine (1), elle fait défaut dans la tigelle, ce qui s'accorde pleinement avec la rapidité avec laquelle la couche rhizogène perd ses caractères dans cet organe. Nous ne l'avons jamais vu disparaître aussi complètement devant le liber que chez les Corolliflores; en outre, elle double souvent le nombre de ses éléments dans les rayons médullaires tout en restant simple, et devient alors fort difficile à distinguer du tissu conjonctif interne

---

(1) Je me suis assuré qu'elle ne provient pas de la subdivision du péricambium, elle existe près du point végétatif de la racine.

Le cylindre cortical du *Phlomis* est typique ; la membrane épidermoïdale est bien caractérisée ; les deux faisceaux vasculaires que présente le cylindre central ne sont pas réunis au centre.

Le changement d'épiderme et la disparition de sa couche de remplacement ne concordent avec aucune modification dans la partie centrale. Il faut remonter 2 centimètres au delà pour voir le liber s'accroître d'une façon notable et le report des trachées primitives vers l'intérieur. Près du troisième centimètre, les faisceaux vasculaires sont pénétrés par le tissu conjonctif, *mais par leur face externe*, cas fort rare, et séparés en deux masses centripètes parallèles. Celles-ci sont repoussées contre le liber et se rétractant peu à peu, de lamelleuses deviennent cunéiformes et prennent l'orientation sécantielle. Cette disposition ne s'observe que vers le quatrième centimètre et demi au-dessus de la base de la tigelle, et correspond à la division des faisceaux libériens en deux masses. Les faisceaux libéro-ligneux conservent l'orientation caractéristique de la tigelle jusqu'à la naissance des cotylédons ; là, les faisceaux libériens s'unissent de nouveau pendant un moment, puis forment, par leur segmentation, les trois faisceaux indispensables. En se rendant dans les cotylédons, l'orientation des faisceaux libéro-ligneux se rapproche de la radiale ; ils restent légèrement inclinés. Au sommet de la tigelle l'endoderme a perdu tous ses caractères ; privé de granules amylacés, il est très difficile à différencier des tissus voisins. Le péricambium disparaît totalement devant le milieu des faisceaux. Le cylindre central s'accroît d'une façon notable par élargissement de la moelle. Sa puissance, qui n'égale que le 1/5 du rayon de la racine, atteint les 2/3 près des cotylédons.

Le passage est localisé dans la tigelle et comprend toute l'étendue de cet organe.

Galeopsis ladanum. — Les états transitoires sont peu différents chez le *Galeopsis* et le *Phlomis*. Nous pourrons être brefs. La plantule a des dimensions un peu au-dessous de la moyenne. Sa racine ne mesure que 1 centimètre ; elle grossit progressivement pour atteindre le diamètre de la tigelle, aussi ne trouve-t-on point de nodosité à sa partie supérieure, ni ce développement rapide sur un court espace que nous avons rencontré si souvent. La longueur de la tigelle est de 2 centimètres. La racine a la même structure que celle du Phlomis, mais ses faisceaux vasculaires s'unissent au centre.

Les trachées primitives sont repoussées vers l'intérieur dès le changement d'épiderme; 2^{m},5 plus haut, elles ont atteint la face interne du liber. Entre ce point et le premier centimètre, les changements sont nombreux : la couche protectrice perd ses stigmates, en revanche elle acquiert de nombreux granules amylacés; le péricambium disparaît en face des faisceaux libériens; les faisceaux vasculaires s'isolent et le tissu conjonctif, s'étendant entre leurs éléments, les disjoint. Plus haut, les faisceaux libériens se coupent en deux masses qui se rapprochent des faisceaux vasculaires et se superposent à eux. Ceux-ci, étalés jusque-là, se ramassent et prennent l'orientation sécantielle qu'ils conservent jusqu'à la naissance des cotylédons où ils se rapprochent de l'orientation radiale sans y atteindre. Le cylindre central, qui n'occupe que le quart du diamètre de la racine, en forme la moitié lorsque la moelle a pris toute son amplitude. Le collet comprend la tigelle entière sans réalisation de la structure de la tige.

La figure 55, pl. 18 représente l'endoderme du *Galeopsis* et les parties voisines. Elle est destinée à montrer la formation du cambium de la tigelle en face des faisceaux vasculaires. On peut voir qu'il ne se produit pas aux dépens du péricambium, comme le veulent les idées ayant cours actuellement, mais des cellules sous-jacentes. Il me paraît certain que cette membrane perd cette propriété de donner naissance au cambium aussitôt après la séparation de la trachée primitive; ce dernier résulte de la division des cellules interposées. Ce fait doit être général; une étude nouvelle de la genèse du cambium de la tige hors des faisceaux procambiaux me semble nécessaire. Les figures 38 et 39, prises chez l'*Acer campestre*, montrent qu'il en est bien dans cette plante comme chez le *Galeopsis* même, dans cet exemple, le méristème secondaire se développe beaucoup plus profondément que dans le cas présent.

Primulacées. — *Primula auricula.* Plantule de peu de hauteur et de volume au-dessous de la moyenne. Sa longueur est de 3 centimètres, sur lesquels la racine n'occupe que 6 millimètres. Le passage entre la radicule et la tigelle se fait sans transition brusque dans le diamètre. La racine est des plus normales, elle présente une m. épidermoïdale bien nette se distinguant des cellules voisines, non seulement par la forme de ses éléments et la constitution de leur paroi, mais aussi par le manque absolu de grains d'amidon dans leur intérieur. L'endoderme est composé de cellules tabulaires épaissies sur toutes leurs faces, mais ne présentant pas les ponctuations spéciales. Le cylindre central est fort étroit et ne représente que le 1/6^me^ du diamètre; il appartient au type binaire, les faisceaux vasculaires sont réunis au centre.

La m. épidermoïdale ne modifie pas la forme de ses cellules immédiatement après le changement d'épiderme; il faut remonter assez haut pour les voir s'arrondir. Les trachées quittent le péricambium 2 millimètres au-dessus de la base de la racine, elles n'atteignent la hauteur de la face interne du liber qu'au septième millimètre. La moelle apparaît vers le premier centimètre, elle isole les faisceaux vasculaires, puis, s'introduisant au milieu d'eux, les coupe en V, sépare ensuite les branches et les refoule contre le liber, tout en leur conservant l'orientation centripète. Ces faits demandent 6 millimètres pour se produire. 2 millimètres plus haut, les faisceaux rassemblent leurs éléments en une masse cunéiforme et prennent (vers le 2^me^ centimètre) l'orientation selon la sécante qu'ils conservent jusqu'au sommet de la tigelle. Pendant que ces transformations s'opéraient, les cellules protectrices arrondissaient leurs angles, devenaient elliptiques; elles conservent leur paroi épaisse jusqu'à la naissance des cotylédons. Le péricambium change peu, sauf dans les points qui correspondront au milieu des faisceaux libéro-ligneux, points où ses cellules diminuent peu à peu de volume, puis finissent par disparaître. Les faisceaux libériens donnent naissance du premier coup aux trois masses obligatoires, mais leur division n'a lieu qu'au sommet de la tigelle. La moelle reste fort étroite, aussi la puissance du cylindre central reste-t-elle très faible; il ne forme que le cinquième du diamètre à la naissance des cotylédons. Les faisceaux libéro-ligneux pénétrent dans les organes avec l'orientation sécantielle.

Les limites du collet sont toujours celles de la tigelle.

La figure 56, pl. 18, reproduit chez le *Primula auricula* la naissance du cambium dans le rayon médullaire qui a pris la place des faisceaux vasculaires de la racine. Elle montre que dans ce point le méristème secondaire ne se forme pas plus que chez le *Galeopsis* et l'*Acer* aux dépens de la couche rhizogène; il provient de la couche sous-jacente, ce qui vient donner un nouveau poids à ce que j'avançais plus haut.

Plantaginées. — *Plantago major*. Plantule très petite mesurant 22 millimètres. La racine, longue de 7 millimètres, grêle sur la plus grande partie de son parcours, se renfle assez rapidement au-dessous de la partie lisse pour former supérieurement un petit cône très ouvert. Sa structure est tout à fait normale. Le cylindre central est fort étroit, il présente le type binaire; les faisceaux vasculaires, réduits à deux ou trois trachées, ne se réunissent pas au centre. Le péricambium est formé d'une seule assise de cellules.

Le changement d'épiderme amène la disparition de la membrane épidermoïdale, et l'apparition du tissu conjonctif entre le péricambium et l'extrémité externe des faisceaux vasculaires. Cette interposition est peu active, car jusqu'au milieu de la tigelle, elle disparaît et reparaît plusieurs fois. Pendant ce parcours, les éléments du cylindre central augmentent en nombre et les faisceaux vasculaires, au point où nous en sommes restés, ne sont plus séparés que par une seule assise de cellules. Ce n'est qu'un peu plus haut que les trachées quittent définitivement la couche rhizogène et sont repoussées vers l'intérieur; elles n'atteignent la hauteur de la face interne du liber que vers le douzième millimètre. Là, chaque faisceau libérien se coupe en deux masses qui se rapprochent des faisceaux vasculaires. Plus haut, le tissu conjonctif se développe considérablement entre les fragments des faisceaux libériens et donne au cylindre central la forme elliptique. Il pénètre les faisceaux vasculaires et les fend en V. Les branches de ce V s'opposent au liber et la trachée primitive, qui en formait la pointe, venant se placer au milieu d'elles, donne naissance à deux faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante. Il est bon d'ajouter que chaque faisceau ligneux ne comprend que deux trachées qui lui appartiennent en propre et la trachée primitive qui forme l'extrémité interne du faisceau et qui est commune aux deux faisceaux opposés. Ceux-ci conservent cette disposition jusqu'à la naissance des cotylédons, là ils se confondent totalement en un faisceau médian et radial.

L'endoderme change complètement de caractère dans son parcours de la tigelle. Dès le milieu de cet organe, ses cellules arrondies ne sont plus caractérisées que par leur position et leur contenu amylacé. Le péricambium disparaît en face des faisceaux libériens.

Le passage est encore localisé dans la tigelle.

Nyctagynées.—*Mirabilis jalapa.* Plantule très développée, présentant un pivot court, volumineux, fortement conique, souvent incliné sur la direction de la tige par la formation d'un talon. Cette courbure rend l'étude difficile, le passage s'effectuant en grande partie dans la portion épaisse de la racine. Le point de jonction des deux organes est semblable à celui du Potiron et du Melon : la tigelle, beaucoup plus large que la radicule, la dépasse de tous côtés; il semble y avoir là une limite bien tranchée que l'anatomie ne confirme pas.

Le pivot porte de nombreuses radicelles disposées sur deux rangs opposés dans la partie grêle, sur quatre rangs opposés deux à deux dans la partie renflée. Cette disposition des radicelles correspond à un changement fort curieux dans la structure de la racine, changement nouveau pour nous.

Au-dessous du renflement, nous trouvons une racine normale présentant le type binaire (fig. 57, pl. 18). Les faisceaux vasculaires unisériés se réunissent au centre. Dès la base du renflement, cette disposition s'altère et l'on passe du type deux au type quatre. Pour cela le nombre des éléments vasculaires s'accroît considérablement au centre. Les vaisseaux de nouvelle origine forment d'abord une masse centrale arrondie (fig. 58), ils se disposent ensuite perpendiculairement à la lame vasculaire, et par un accroissement continu finissent par atteindre la face interne des faisceaux libériens, ceux-ci se coupant pour leur faire place, ils parviennent jusqu'à la couche rhizogène. La production s'arrête alors. Les vaisseaux de nouvelle formation étant de plus en plus étroits au fur et à mesure qu'ils se rapprochent de la couche rhizogène, ce sont de véritables faisceaux vasculaires radicaux qui prennent naissance.

Ils ne sont pas achevés que déjà les modifications transitoires se font sentir. La moelle se fait jour au milieu de la masse vasculaire médiane; s'accroissant rapidement, elle sépare les différents faisceaux (fig. 59). Elle s'introduit ensuite au milieu d'eux, les coupe d'abord en un Y (fig. 60), dont les trachées primitives, toujours appuyées contre le péricambium, forment la branche verticale. Les branches inclinées s'isolent et sont très rapidement repoussées contre le liber le plus proche. Chaque faisceau libérien, qui est peu étendu en raison même de son origine, est totalement recouvert par les deux masses vasculaires qui viennent se superposer à lui; aussi le tout se confond-il en un faisceau radial ayant tous les caractères des faisceaux libéro-ligneux de la tige (fig. 61). Tout ceci se passe très rapidement et avant le changement d'épiderme. On pourrait croire que la portion vasculaire des faisceaux libéro-ligneux est de nature secondaire, et que ces éléments confondus avec les faisceaux primaires, lorsque la moelle n'existait pas, se sont isolés après l'apparition de celle-ci. Il n'en est rien, ces faisceaux formeront le système conducteur entier des cotylédons. En effet, les vaisseaux les plus étroits, qui ne se sont pas isolés autrement que leurs similaires chez le *Raphanus niger*, le *Datura stramonium*, auront une toute autre destinée que chez ces végétaux, pas un seul ne pénétrera dans les cotylédons. Ils ne jouent aucun rôle sur l'orientation des faisceaux voisins, puisque nous voyons ceux-ci prendre la disposition radiale de la façon la plus rapide et sans que les trachées primitives changent de position. Les faisceaux vasculaires centripètes pénètrent dans la tigelle; là, ils s'avancent un peu dans le tissu conjonctif interne, mais ils perdent en même temps leurs éléments un à un. Le mouvement de disparition est fort lent, la dernière trachée ne disparaît que 5 centimètres au delà du pivot. Sa place est longtemps encore marquée par une petite lacune dont on pourrait attribuer l'origine à une résorption des derniers éléments.

La disparition de la dernière trachée marque la limite supérieure du collet chez le *Mirabilis*. Le passage demande plus de 6 centimètres pour s'opérer, puisqu'il commence dans le sommet de la racine. La tigelle se continue encore 2 centimètres au delà avec tous les caractères de la tige.

Le départ des faisceaux cotylédonnaires est tout particulier et mérite d'être rapporté. Les faisceaux libéro-ligneux, après être restés simples pendant près de 5 centimètres, se trifurquent pour donner naissance, en leur milieu, au système conducteur du premier entre-nœud. Plus haut, ils subissent encore de nouvelles divisions, puis des anastomes, puis des divisions : faits de médiocre intérêt. Mais lorsque les feuilles séminales vont se séparer, ces faisceaux se divisent en deux groupes; contrairement à ce que l'on observe d'ordinaire, les faisceaux du premier entre-nœud restent à la périphérie du cylindre central; les faisceaux cotylédonnaires s'avancent dans la moelle, y subissent de nouvelles subdivisions, puis seulement alors se rendent à destination en écartant les faisceaux de la périphérie et en sortant tous par deux points opposés.

Le liber suit toutes les segmentations des faisceaux; l'endoderme et le péricambium arrondissent totalement leurs cellules. Les gros grains d'amidon réfringent sont d'une grande utilité pour différencier la première membrane au sommet de la tigelle. La seconde reste continue, mais double le nombre de ses cellules en face des faisceaux libériens, elle y perd de son amplitude. Le rapport des deux cylindres, qui est de 1/2 dans la racine, est supérieur à 1/1 dans la tigelle.

Amarantacées. — La petite graine de l'*Amarantus paniculatus* donne naissance à une plantule assez longue si l'on tient compte de son diamètre. Elle mesure 3 centimètres dont les cinq sixièmes constituent la tigelle.

La radicule est longuement conique, elle acquiert insensiblement le diamètre de la tigelle. Sa structure est normale; elle présente le type binaire; les faisceaux vasculaires sont réunis au centre.

Le cylindre central ne subit de modifications que dans la partie tout à fait terminale de la tigelle; la première altération du type radical ne s'observe que 2 centimètres au-dessus du changement d'épiderme. Là, apparaît la moelle qui disjoint les faisceaux vasculaires; les éléments libériens augmentent d'une façon notable, et chaque faisceau se divise en deux parties égales. La couche protectrice prend des cellules arrondies reconnaissables à leurs grains d'amidon réfringent. Le péricambium disparaît en face des faisceaux libériens. A 1 millimètre au-dessous des cotylédons, le tissu conjonctif central se développe entre les fragments libériens, les repousse vers les faisceaux vasculaires et donne au cylindre central une figure elliptique. Il repousse les faisceaux vasculaires (qui ont tout simplement augmenté le nombre de leurs éléments) contre le péricambium, entame leur face interne, leur donne d'abord l'aspect d'un Y, puis celui d'un T. En ce moment, les faisceaux libériens sont si proches, le cylindre central tellement étroit, que les extrémités de la branche horizontale se trouvent en contact du tissu conducteur de la sève descendante. C'est alors que s'opère le départ des faisceaux pour les cotylédons. Dans le mouvement oblique, la trachée primitive quitte la couche rhizogène et se reporte vers l'intérieur. Le faisceau vasculaire semble s'écraser et se superpose entièrement au liber, donnant naissance à deux faisceaux libéro-ligneux, orientés selon la sécante. Cette disposition ne s'observe que dans les cotylédons. Le volume du cylindre central reste fort étroit formant le 1/5 du diamètre de la racine, il ne constitue que le 1/4 de celui de la tigelle, là est l'explication du peu de rapidité du passage.

Le collet a les mêmes limites que la tigelle.

Chénopodées. — *Atriplex hastata.* — Plantule grêle de 8 centimètres de longueur.

La racine mesure 1 centimètre seulement; longuement conique, elle fait directement suite à la tigelle. Sa structure à l'état primaire est normale; elle possède une membrane épidermoïdale bien caractérisée (pl. 17, fig. 62), deux faisceaux ligneux réunis au centre. Le végétal étudié présentait déjà deux petites feuilles, mais les formations secondaires n'empêchaient pas l'étude. Avec le changement d'épiderme la membrane épidermoïdale disparaît et est remplacée par une assise de cellules arrondies (fig. 63, pl. 17).

Ce qui est plus intéressant : la couche rhizogène entre en voie très active de division (la division pouvait s'observer aussi dans la partie tout à fait supérieure du pivot) et mérite bien alors son nom de péricambium; mais ce fait ne vient en rien contredire ce que j'avançais plus haut, touchant la production du cambium de la tige; la couche génératrice péricambiale reste complètement indépendante du cambium qui se développe à la face interne du liber lorsque la trachée primitive a quitté la couche rhizogène. Celle-ci ne perd pas avec le changement d'épiderme la propriété de former un parenchyme cortical secondaire et une zone subéreuse; son pouvoir va seulement en s'affaiblissant à partir de ce point. Les trachées primitives se reportent ensuite vers le centre et sont séparées bientôt du péricambium par une, puis deux, puis trois cellules conjonctives. Les faisceaux libériens tendent à se diviser en deux masses inégales, mais le travail de segmentation, fort lent, ne s'achève dans les deux faisceaux que vers le deuxième centimètre. Les fragments se dirigent vers les faisceaux vasculaires de façon à en recouvrir les faces latérales. La moelle apparaît alors; se développant en continuité des rayons parenchymateux qui ont divisé le liber, elle partage le cylindre central en deux portions symétriques. Les faisceaux vasculaires conservent leur disposition centrifuge jusqu'au troisième centimètre. Là ils s'écrasent sur eux-mêmes comme les faisceaux que nous avons représentés chez le *Fumaria* dans la figure 9. Ce mouvement se continuant, ils forment, vers le cinquième centimètre, une lame perpendiculaire à la direction des faisceaux vasculaires radicaux. Les éléments les plus larges qui siègent aux extrémités de la lame s'appuient contre les 1/2 faisceaux libériens voisins; le centre est occupé par les trachées. En somme, l'ensemble constitue deux faisceaux libéro-ligneux orientés selon la sécante et confondus par leur extrémité interne. En ce lieu, la couche rhizogène n'est en voie de division qu'en face des rayons parenchymateux; plus haut, elle redevient simple en tous ses points, ce qui s'explique par la jeunesse de la partie que nous étudions maintenant. Les cellules opposées au liber sont plus étroites que les autres.

Les faisceaux libéro-ligneux conservent à très peu de chose près l'orientation sécantielle; dans les cotylédons, ils sont encore inclinés de 45° sur le rayon. Ils se divisent dans le dernier centimètre pour donner naissance au système conducteur du premier entre-nœud; les faisceaux qui se forment ainsi sont radiaux.

L'endoderme se comporte toujours de la même façon; le cylindre central qui ne recouvrait que le 1/4 du rayon dans la racine en constitue les 2/5 au sommet de la tigelle.

Le collet est compris dans ses limites les plus habituelles; celles de la tigelle.

Phytolaccacées. — La graine du *Phytolacca decandra* donne naissance à une plantule de petit diamètre de 6 centimètres de longueur. La racine conique mesure 2 centimètres 1/2; elle possède, à son sommet, le diamètre de la tigelle. Ce second organe mesure 3 cent. 8 millim.

La racine primaire est normale, elle présente le type deux; ses faisceaux vasculaires sont réunis au centre; dans sa partie supérieure, la plus âgée, la membrane rhizogène se comporte comme celle de l'*Atriplex* et se transforme en tissu générateur sur toute son étendue : elle conserve ce facies sur la plus grande partie du parcours de la tigelle. Dans la partie terminale de cet organe, elle redevient simple et demeure presque continue ; une ou deux de ses cellules disparaissent devant le milieu de quelques faisceaux libériens seulement.

Le cylindre central se modifie peu jusqu'au deuxième centimètre après le changement d'épiderme ; on observe pourtant dans ce trajet : 1° l'interposition du tissu conjonctif entre la couche rhizogène et les trachées primitives, mais cette interposition est peu active et se réduit à une ou deux cellules au plus ; 2° l'apparition de la moelle. Plus haut, les faisceaux vasculaires repoussés vers l'extérieur par la multiplication du tissu conjonctif central s'écrasent par leur face interne et prennent l'aspect d'un T. La moelle pénètre ensuite au milieu des vaisseaux, les dissocie complètement et transforme le T en un V. Les extrémités externes des branches sont repoussées contre les faisceaux libériens voisins ; mais la trachée primitive reste fixée près du péricambium, le bois conserve sa disposition centripète, légèrement inclinée jusque dans les cotylédons. Là seulement elle gagne vers l'intérieur, mais pas suffisamment pourtant pour donner aux faisceaux l'orientation sécantielle. Les faisceaux libériens ne se divisent qu'à 3 millimètres des cotylédons. L'endoderme ne perd ses stigmates que vers le milieu de la tigelle. L'augmentation du diamètre du cylindre central est trop peu sensible pour être rapportée.

Le *Phytolacca decandra* ne présentera la structure de la tige qu'au delà des cotylédons. Au-dessous, le cylindre central reste beaucoup plus étroit que le cylindre cortical, le bois conserve à très peu près l'orientation centripète.

Polygonées. — L'embryon développé du *Rheum compactum* possède un volume moyen. Les cotylédons, longuement connivents, donnent extérieurement à la tigelle une étendue qu'elle est loin de posséder. La radicule mesure 22 millimètres, la tigelle 14, bien qu'elle en paraisse 20. La jonction des deux organes ne donne lieu à aucune modification dans le diamètre de l'axe. La racine est normale ; elle présente le type quatre. Les faisceaux vasculaires unisériés sont réunis au centre par deux larges vaisseaux réticulés, communs.

Avec le changement d'épiderme, la forme du cylindre central se modifie : arrondi dans le pivot, il prend l'aspect d'un prisme à quatre faces dont les angles sont occupés par les faisceaux libériens. La moelle apparaît presque aussitôt après et disjoint les faisceaux vasculaires. Les trachées primitives quittent la couche rhizogène et les faisceaux vasculaires s'avancent vers l'intérieur. Poussés d'un côté, comprimés de l'autre, les faisceaux, d'abord linéaires, groupent leurs éléments en amas cunéiformes bientôt pénétrés longitudinalement et fendus en V par la pénétration de la moelle. Les parties profondes s'appliquent contre le liber; le mouvement s'arrête alors; les trachées primitives restent stationnaires et la disposition en V se conserve dans l'espace d'un demi-centimètre. Il ne reprend que vers le huitième millimètre : les trachées s'enfoncent, les demi-faisceaux vasculaires s'opposent complètement au liber et prennent l'orientation sécantielle. Le liber opposé se sépare alors et la tigelle présente huit faisceaux libéro-ligneux. Chacune de ces masses tourne ensuite légèrement sur elle-même et se rapproche de l'orientation radiale; en même temps les deux faisceaux, qui tirent leur origine de la même lame vasculaire radicale, s'avancent l'un vers l'autre, se mettent en contact et se confondent en un seul faisceau nettement radial. La tigelle ne présente plus que quatre faisceaux, mais possède les caractères de la tige. C'est alors que naissent les cotylédons; deux faisceaux en forment les nervures médianes, les autres, se divisant, se rendent mi-partie dans l'un de ces appendices, mi-partie dans l'autre pour en constituer les nervures latérales.

L'endoderme s'est transformé peu à peu en assise amylifère. La couche rhizogène, assez persistante, ne perd qu'une ou deux cellules en face des faisceaux libéro-ligneux et encore pas de tous.

Le collet est toujours compris dans les limites de la tigelle, mais la structure de la tige ne s'observe qu'au-dessus du premier nœud.

Euphorbiacées. — Le *Ricinus communis* se rattache à ce type du Haricot, du *Mirabilis*, dans lequel le pivot grêle et presque cylindrique dans sa partie terminale se renfle brusquement et devient fortement conique à sa base. Nous savons déjà qu'à de tels caractères extérieurs correspondent des phénomènes transitoires fort rapides et prématurés pour ainsi dire. Le ricin se distinguera entre tous les végétaux par la rapidité de ses mouvements. Le cylindre central a déjà pris le facies qu'on lui connaît dans la tige, que l'appareil tégumentaire ne s'est pas modifié. Le cylindre cortical, chose extraordinairement rare, se trouve ici en retard sur le cylindre central.

La racine prise au-dessous du renflement n'est pas normale.

L'endoderme est mal caractérisé (il l'est mieux dans la tigelle, à l'état d'assise amylifère); le péricambium simple en face des faisceaux libériens forme de véritables massifs entre eux. Le nombre des faisceaux vasculaires est variable. Sur dix sujets étudiés, cinq présentaient le type quatre; deux le type cinq; deux le type sept; un le type huit. Malgré cela, la tigelle ne possède jamais que huit faisceaux libéro-ligneux; nous verrons plus loin comment s'établit cette concordance d'une façon très simple. Les faisceaux sont toujours séparés par une moelle des plus amples.

Cette moelle profite seule du renflement de l'axe; elle permet facilement le mouvement des faisceaux, ce qui rend compte de la rapidité du passage. Le cylindre cortical multiplie ses cellules tangentiellement pour se prêter à l'augmentation des parties sous-jacentes. Les modifications portent d'abord sur les faisceaux vasculaires qui se comportent dans les premiers temps comme ceux du Haricot et de l'*Acer*. Ils quittent la zone rhizogène et s'enfoncent dans la moelle, mais au fur et à mesure que leurs éléments atteignent cet organe ils ont repoussés latéralement et s'adossent au liber. Chaque faisceau a bientôt pris une direction perpendiculaire à celle qu'il possédait dans la racine et constitue une lame vasculaire qui réunit, comme un pont, les deux masses libériennes voisines. Les trachées primitives en occupent le milieu, et il n'est pas difficile de reconnaître dans cette lame deux faisceaux ligneux sécantiels réunis par leurs extrémités les plus âgées. Le tissu conjonctif qui a pris la place des faisceaux vasculaires radicaux devient cambial aussitôt après son apparition et se met en continuité avec le cambium intralibérien. Il ne peut encore être question ici de cambium se développant aux dépens de la couche rhizogène.

La dilatation de l'axe exige alors l'accroissement latéral correspondant du tissu conjonctif interposé entre les faisceaux libériens. Les ponts vasculaires se fendent en leur milieu. Les deux moitiés isolées de l'arche tournent alors sur les piles comme centres et s'avancent dans la moelle où elles font d'abord saillie latérale, puis se mettent, plus tard, dans le prolongement du rayon. Nous avons bien là ce mouvement de volet qu'on a regardé jusqu'à présent comme général et qui cependant est moins fréquent encore que l'isolement de la trachée primitive. Il faut pour qu'il s'opère de larges rayons parenchymateux, une vaste moelle, ce qui ne se présente que dans les plantules extraordinairement volumineuses, celles du Ricin, du Haricot par exemple. Lorsque l'on cherchera à généraliser, on fera bien de changer la description du mode de renversement du bois, trop facilement et trop peu heureusement rendu par ce mouvement de volet fort rare et qui ne correspond jamais, quand il se présente, qu'à la dernière phase du renversement : le passage de l'orientation sécantielle à la disposition radiale.

Jusque-là les faisceaux libériens n'ont pas changé d'aspect; leur rôle ne commence qu'après l'entière superposition des faisceaux vasculaires. Chacun en a reçu deux. Mais la façon dont ils vont se comporter est très différente et est liée intimement au nombre des faisceaux vasculaires radicaux. La tigelle, avons-nous dit, ne possède jamais que huit faisceaux libéro-ligneux. Dans le cas de quatre faisceaux vasculaires radicaux, chaque masse libérienne se coupera entre les deux faisceaux ligneux qu'elle porte à ses extrémités, les huit faisceaux obligatoires apparaîtront. Avec le type cinq, deux faisceaux libériens se contractent sur eux-mêmes et amènent la fusion des masses vasculaires opposées, trois subissent la segmentation précédente; avec sept faisceaux radicaux, un seul se divise, les autres se contractent; enfin la racine présente-t-elle le type huit, aucun des faisceaux libériens ne se divise, tous se contractent.

Ce n'est qu'après cette formation que se fait le changement d'épiderme. Le péricambium forme alors une assise continue, l'endoderme ne s'est pas encore transformée en assise amylifère. Le collet est entièrement localisé dans le renflement radical, la tigelle présente dès sa base la structure de la tige.

Urticées. — *Urtica dioica.* — La plantule est assez développée en longueur (6 centimètres), mais son diamètre reste faible. La racine, d'abord très grêle, grossit peu à peu sur toute l'étendue de son parcours (2 centimètres) pour se mettre en concordance avec la tigelle. Sa structure est normale et présente le type binaire; les faisceaux vasculaires se réunissent au centre. Dans l'échantillon étudié, le péricambium était en état de segmentation en tous ses points. Il se comporte du reste comme celui de l'*Atriplex.*

Entre le changement d'épiderme et le troisième centimètre au delà, nous n'observons d'autres modifications dans le cylindre central que le report vers l'intérieur des trachées primitives, report qui oblige les éléments vasculaires, disposés en lames plus bas, à se grouper en amas cunéiformes. En même temps, la segmentation du péricambium cesse d'abord en face des faisceaux libériens, puis totalement en partant de ces points et en s'avançant vers les faisceaux vasculaires. Redevenu simple, il perd complètement ses éléments en face des faisceaux libériens. La moelle apparaît à 1 centimètre des cotylédons; elle n'isole pas les faisceaux vasculaires, mais s'étendant longitudinalement au milieu d'eux, elle coupe l'ensemble en deux masses linéaires parallèles qui s'appliquent contre le liber le plus rapproché. J'ai représenté ce phénomène dans la figure 48 pl. 18, chez le *Dipsacus laciniatus*. Cette disposition se conserve jusqu'à 1 millimètre des cotylédons. Là les faislibériens donnent naissance aux trois faisceaux obligatoires; chacun entraîne la masse vasculaire opposée. Les faisceaux vasculaires médians restent étalés; ceux des extrémités rassemblent leurs éléments en un amas cunéiforme sécantiel, et ainsi se forment ces faisceaux particuliers à la tigelle que nous avons si souvent rencontrés. Cette orientation se perpétue jusque dans les cotylédons. Les faisceaux libéro-ligneux médians, en passant dans le premier entre nœud, se divisent et les fragments prennent immédiatement le caractère des faisceaux de la tige. L'insertion des cotylédons marque donc bien la limite supérieure du collet de l'Ortie, collet qui s'étend sur toute la longueur de la tigelle.

Morées. — *Morus niger.* — Plantule de 6 centimètres, dont 2 cent. 5 millim. sont recouverts par l'assise pilifère. Volume peu considérable. La jonction de la tigelle et de la radicule se fait selon le mode le plus ordinaire. La racine est normale, elle présente le type binaire, les faisceaux vasculaires ne s'unissent pas au centre.

Les transformations commencent dans le cylindre central peu au delà du changement d'épiderme. A 2 millimètres de ce point la moelle a déjà pris un accroissement considérable, les faisceaux libériens se coupent en deux masses qui s'avancent vers les faisceaux vasculaires. Sur le parcours des 2 centimètres suivants la couche protectrice passe à l'état d'assise amylifère et la membrane rhizogène se confond avec le parenchyme voisin. Le renversement des faisceaux vasculaires ne commence qu'à 1 centimètre 1/2 des cotylédons; leurs éléments augmentent alors dans la proportion de 2 à 3 et sont repoussés vers l'extérieur; disposés plus bas en lame, ils se rangent en coin et se préparent à la division. La moelle pénètre au milieu, les fend en V; elle s'introduit aussi entre les vaisseaux, les dissocie et repousse les plus profonds vers le liber. Mais les trachées primitives ne quittent la couche rhizogène qu'à 5 millimètres des cotylédons et jusque-là l'orientation des demi-faisceaux vasculaires reste centripète; en s'avançant dans la moelle, elles donnent aux faisceaux, après s'y être joint, l'orientation sécantielle qu'ils conservent, à peu de chose près, jusqu'à la naissance des cotylédons.

Le système conducteur du premier entre-nœud fait son apparition un demi-centimètre au-dessous des cotylédons ; il naît des deux demi-faisceaux libériens qui se divisent et envoient de petits rameaux l'un vers l'autre. Ces rameaux s'unissent en un unique faisceau radial.

Comme, dans le cas le plus général, le collet et la tigelle du *Morus niger* se confondent.

Cannabinées. — *Cannabis sativa.* — Longue plantule de 11 centimètres et de volume moyen. La racine, qui est grêle dans sa partie terminale, croît assez rapidement en diamètre dans sa partie basilaire pour se mettre en concordance avec la tigelle ; elle ne mesure que 1 centimètre, présente le type binaire ; ses faisceaux vasculaires ne s'unissent pas au centre. La membrane rhizogène est formée de deux rangs de cellules en face des faisceaux libériens, de trois rangs au moins devant les faisceaux ligneux.

En même temps que l'appareil tégumentaire se transforme, la moelle s'agrandit et le tissu conjonctif sépare les trachées primitives de la membrane rhizogène. Vers le premier centimètre les faisceaux vasculaires, comprimés par cette production d'éléments nouveaux, ont pris la disposition en coin ; les trachées primitives ont atteint la face interne des faisceaux libériens. Entre le premier et le troisième centimètre, l'accroissement de la moelle continuant, la face profonde des faisceaux vasculaires s'écrase, s'étale pour mieux dire ; le coin se transforme en T. Pendant ce temps les faisceaux libériens, tout en restant indivis, reportent la plus grande partie de leurs éléments vers leurs extrémités qui s'avancent vers les faisceaux vasculaires. Dans le centimètre suivant, les faisceaux vasculaires comprenant un plus grand nombre de vaisseaux que précédemment sont fendus en V, puis séparés totalement en deux faisceaux allongés par introduction du tissu conjonctif entre les trachées primitives. Les bandes vasculaires sont répoussées latéralement contre le liber et conservent pendant quelque temps encore l'orientation centrifuge. Chaque bande se fend ensuite en deux masses inégales : la plus éloignée des trachées primitives s'avance peu à peu vers le milieu des faisceaux libériens; elle y rencontre son homologue, s'y unit pour constituer un faisceau centrifuge, premier rudiment du système conducteur du premier entrenœud. Les parties externes des faisceaux vasculaires se concentrent sur elles-mêmes entre le sixième et le neuvième centimètre; les trachées primitives viennent se placer à la face interne de ces masses et leur donnent l'orientation sécantielle. Les faisceaux libériens ne se divisent qu'à 1 centimètre des cotylédons; ils se coupent en trois masses correspondant aux trois faisceaux vasculaires opposés.

Dans le dernier centimètre, les faisceaux libéro-ligneux tournent sur eux-mêmes, et lors de la séparation des cotylédons ils réalisent presque l'orientation radiale. Ils la prennent à la base de ces organes. En y pénétrant ils se divisent pour former les nervures latérales. Les faisceaux du premier entrenœud se divisent également en quittant la tigelle.

La couche protectrice modifie peu la forme de ses cellules, elles restent polygonales, n'acquièrent pas d'amidon, mais perdent leurs stigmates. La couche rhizogène redevient simple d'abord, puis diminue d'une façon tellement considérable le diamètre de ses cellules opposées aux faisceaux libériens, qu'elles se confondent entièrement avec ces éléments; elles restent fort visibles dans les régions intermédiaires.

Le cylindre central s'accroît d'une façon notable; il ne formait que le sixième du rayon dans la racine, près des cotylédons il en constitue près de la moitié. A cet agrandissement de la moelle correspond, avons nous vu, la réalisation de la structure de la tige dans l'axe hypocotylé ; bien que les phénomènes de passage occupent encore toute l'étendue de la tigelle.

Amentacées. — *Castanea vesca.* — Les châtaigniers que nous avons étudiés avaient dépassé l'âge primaire et présentaient déjà deux petites feuilles bien développées. Nous n'avons pas eu à nous plaindre des difficultés qu'amenaient quelques éléments secondaires, car, pris dans cet état, ce végétal nous a permis de vérifier une fois de plus la série complète des transformations de la couche rhizogène et des modifications qu'elle subit dans son pouvoir générateur en passant de la racine dans la tige. J'ai montré sur l'*Acer campestre*, le *Primula auricula*, le *Galeopsis ladanum*, que cette membrane cessait de fournir le cambium ligneux et libérien dès qu'elle était abandonnée par les trachées primitives des faisceaux vasculaires centripètes. Le Chataignier se prête également bien à cette étude. Il montre aussi ce que nous avions signalé précédemment chez l'*Atriplex hastata*, le *Phytolacca dioica*, l'Ortie, qu'elle ne perd pas du même coup la puissance de former l'écorce secondaire et la zone du suber qui amène la chute du cylindre cortical primaire, mais que ce pouvoir s'affaiblit graduellement dans la tigelle avant de disparaître. Il découle de là que le parenchyme cortical de la portion inférieure de la tigelle doit être sujet à la chute comme la partie similaire de la racine. Ce fait n'est pas sans importance pour nous et ajoute un nouvel échelon à la série des transitions que nous connaissons déjà (fig. 64, pl, 19). L'étendue de l'axe hypocotylé est d'environ 15 centimètres divisés fort inégalement entre la tigelle ($3\frac{1}{2}{}^{c}$) et la racine. Le changement d'épiderme est le seul caractère extérieur qui marque la jonction des deux organes. Le diamètre de la racine croît peu à peu sur toute sa longueur. La tigelle, loin de décroître en s'avançant vers les cotylédons, augmente de volume de telle façon que l'axe est nettement conique depuis son extrémité jusqu'à l'insertion des feuilles séminales. La structure de la racine serait normale sans la présence d'une zone rhizogène formée de deux rangs de cellules en face des faisceaux libériens, de trois et même quatre devant les faisceaux vasculaires. La membrane épidermoïdale est bien accusée. Au centre on trouve douze (1) faisceaux vasculaires alternant avec autant de faisceaux libériens. Ils sont isolés par la présence d'une moelle centrale assez développée.

---

(1) Certains auteurs n'assignent que huit faisceaux à ce végétal ; je crois n'avoir point à m'étendre sur ce sujet, l'inconstance du nombre des faisceaux vasculaires.

L'ampleur de cette moelle, le volume de la plantule doivent nous faire prévoir un passage rapide; c'est ce qui a lieu en effet. Il débute dans le cylindre central avant le changement d'épiderme. Les faisceaux se comportent comme ceux de l'*Acer campestre* (fig. 36, 37, 38, 39, 40), avec cette seule différence que les faisceaux libériens se coupent de prime abord en deux masses, et que les 24 faisceaux libéro-ligneux radiaux qui prennent naissance restent isolés. Le renversement des faisceaux vasculaires commence 1 centimètre au-dessous du changement d'épiderme, il s'achève 2 centimètres au-dessus. La tigelle possède la structure de la tige pendant un centimètre et demi. La moitié seulement des faisceaux passe dans les cotylédons, le reste se rend dans le premier entrenœud. L'endoderme reste fort visible jusqu'au milieu de la tigelle, plus haut il se confond avec le parenchyme voisin. La membrane rhizogène après qu'elle cesse de se diviser se comporte de même. Les deux cylindres se confondent.

Pendant le passage, le cylindre central s'accroît d'une façon sensible; il forme les 5/6 du rayon de la tigelle.

Le collet comprend les parties basilaires de la racine et de la tigelle, il s'étend sur une longueur de 3 centimètres.

GYMNOSPERMES.

CONIFÈRES. — *Pinus sylvestris*. — Je ne décrirai que ce seul végétal de ce groupe, les phénomènes transitoires qu'il nous a présentés étant trop semblables à ceux que nous avons vus jusqu'alors pour croire que les autres Gymnospermes s'éloignent des Angiospermes.

La plantule mesure 6 centimètres qui se partagent également entre la racine et la tigelle. La jonction des deux organes se fait selon le mode le plus ordinaire. Outre que le nombre

dans les racines qui en présentent toujours plus de quatre, me semble démontrée à l'heure actuelle.

des faisceaux vasculaires est fort inconstant (on en rencontre aussi souvent trois que quatre), la structure de la racine n'est pas des plus normales. Le cylindre cortical a un diamètre très faible : au-dessous de la membrane épidermoïdale on ne trouve que quatre rangs de cellules et l'endoderme, le tout ne constituant que le tiers du rayon.

Le péricambium est formé de plusieurs assises de cellules ; mais, contrairement à ce que nous observions en pareil cas, il est beaucoup plus développé en face des faisceaux libériens que des faisceaux ligneux. L'inégalité est tellement prononcée que les faisceaux vasculaires forment de véritables saillies. Les faisceaux libériens sont fort peu différenciés. Les faisceaux vasculaires ont une forme spéciale, ils sont fendus en Y dans leur partie externe, l'entre-deux des branches est comblé par un canal résineux. Une large moelle occupe le centre. Le changement d'épiderme n'apporte aucune modification dans le cylindre central et, hâtons nous de le dire, on retrouve à peu près intacte la structure du cylindre central de la racine jusqu'à 5 millimètres des cotylédons. La seule différence consiste dans le retrait des faisceaux vasculaires qui s'enfoncent dans la moelle abandonnant le canal résineux. Ils prennent la disposition lamelleuse ordinaire. Leur mouvement s'arrête lorsqu'ils sont séparés du canal par deux assises de cellules. Dans le dernier demi-centimètre les faisceaux vasculaires vont passer complètement de l'état centripète à la disposition centrifuge. Ils se comportent comme les faisceaux du *Fumaria* (fig. 9) : ils multiplient le nombre de leurs éléments, puis s'écrasent par l'interposition de nouveau tissu conjonctif entre les trachées primitives et le canal résineux et donnent naissance à deux faisceaux sécantiels. Ceux-ci s'appuient sur le liber ; les faisceaux libéro-ligneux apparaissent et s'isolent par la segmentation des faisceaux libériens. Le système conducteur du premier entrenœud tire comme toujours son origine de la partie médiane du liber ; les quelques petits vaisseaux qui se développent à la face interne de ce segment se produisent dans l'ordre centrifuge.

Chacun des faisceaux sécantiels tourne ensuite sur lui-même et prend l'orientation radiale ; ils réalisent cette disposition un peu avant l'insertion des cotylédons. Ces faisceaux ne se réunissent pas deux à deux pour pénétrer dans les cotylédons, chacun des organes qui sont réputés quelquefois comme tels ne reçoit qu'un seul faisceau, ils ne peuvent donc être assimilés aux feuilles séminales des Dicotylédones. Comme il ne reste aucun de ces faisceaux dans la tige, le nombre variable des appendices s'explique facilement selon que la racine présente le type trois ou le type quatre.

Dans le parcours de la tigelle la couche rhizogène reste multiple. L'endoderme perd ses stigmates, reste polyédrique, acquiert des granules amylacés réfringents ; mais il faut ajouter que les cellules corticales voisines se comportent de même et que le cylindre cortical se sépare mieux du cylindre central par la coloration plus sombre de la paroi de ses cellules que par tout autre caractère.

En résumé, chez le *Pinus sylvestris* les limites de la tigelle sont encore celles du *collet*.

MONOCOTYLÉDONES.

J'ai décrit plus haut la structure de la racine et de la tige des Monocotylédones. Je ne crois pas devoir la renouveler. J'entrerai simplement ici dans quelques considérations générales du plus grand intérêt pour notre sujet.

L'aspect extérieur de l'embryon développé des Monocotylédones est tout autre que celui des Dicotylédones. La plantule est acaule (le cas est rare chez les Dicotylédones) ou possède une tigelle réduite à quelques millimètres. Le passage se produit avec une rapidité si grande, que les phases se confondent ; il résiste à l'analyse (1) ; la structure de l'axe devient indéchiffrable si l'on n'a pu arriver, non sans patience, à relever préalablement les intermédiaires sur quelques échantillons plus propices. La complication est poussée à son maximum lorsque des faisceaux nombreux pressés les uns contre les autres, ne trouvant déjà pas l'espace suffisant pour opérer leurs mouvements, doivent donner naissance à plusieurs rangs de faisceaux libéro-ligneux.

---

(1) J'ai dû abandonner plusieurs sujets dans lesquels le passage était si rapide, qu'il devenait incompréhensible (blé, iris, etc.).

Lorsque la gaine existe, sa présence annihile toute la région transitoire entre l'épiderme villeux cylindrique et l'épiderme cuticularisé et en parallélipède. La gaîne est recouverte par l'épiderme de la tige, elle recouvre l'épiderme de la racine dans sa partie supérieure. Celui-ci prend naissance au milieu du parenchyme cortical de la tige, il n'y a plus de continuité entre les deux épidermes. La membrane épidermoïdale est encore plus marquée chez ces végétaux que chez les Dicotylédones, la raison en est sans doute dans la production plus tardive du suber.

Je conseillerai, pour continuer ces études, de choisir de préférence les végétaux qui produisent le moins possible de radicelles pendant les premiers temps de leur existence; on s'épargnera des complications inutiles.

La différenciation des vaisseaux se faisant beaucoup plus tardivement que chez les Dicotylédones, il est indispensable de laisser végéter quelque temps la plante. Elle est ordinairement en état convenable lorsqu'elle a développé deux à trois feuilles au-dessus des cotylédons.

J'abandonnerai dans l'exposé des faits qui intéressent les Monocotylédones la marche que j'ai suivie jusqu'ici. Sans inconvénient précédemment, elle pourrait nous exposer à rencontrer dès le début des cas fort complexes qu'il nous serait impossible de rapporter d'une façon compréhensible. Je procéderai du simple au composé; le sujet y gagnera de l'intérêt.

Nous étudierons d'abord des végétaux présentant le type binaire.

Alismacées. — Le *Damasonium stellatum* avec ses faisceaux si réduits, propres aux végétaux aquatiques, va nous présenter les phénomènes de passage les plus simples que nous ayons rencontrés, sans même en excepter les Cryptogames.

La plantule, telle que nous l'avons étudiée, mesurait

12 millimètres et était couronnée par un bouquet de trois petites feuilles aciculaires. La racine, très grêle, mesurait 5 millimètres ; la tigelle, plus volumineuse, 7.

La structure de la racine est fort simple. Une assise pilifère recouvrant une membrane épidermoïdale, puis toute une série de larges canaux aérifères séparés par des trabécules formés de deux longues cellules disposées bout à bout, deux rangées de cellules arrondies et la membrane protectrice. Le cylindre central (fig. 65, pl. 19) ne comprend, outre la couche rhizogène, que trois éléments : un large vaisseau central flanqué aux extrémités d'un de ses diamètres de deux petites cellules carrées qui sont les représentants du liber.

La racine conserve cette structure sur la plus grande partie de son parcours ; elle accroît tout simplement son diamètre. Dans sa partie basilaire proche de la tigelle, ses canaux aérifères diminuent peu à peu de volume et disparaissent complètement avant le changement d'épiderme.

Le cylindre central se transforme en pénétrant dans la tigelle ; l'un des éléments libériens tourne autour du vaisseau médian et va rejoindre l'autre ; le vaisseau, de médian devient latéral et s'appuie d'un côté sur le péricambium de l'autre sur le liber. Nous avons là un faisceau libéro-ligneux dans lequel le bois est opposé au liber ; le passage est achevé. La preuve en est dans la conduite des éléments du cylindre central sur le reste du parcours de la tigelle. Ce cylindre s'élargit ; ses éléments augmentent en nombre, mais leur disposition ne change pas.

Le vaisseau unique est remplacé par deux vaisseaux plus étroits ; plus haut, à ces deux éléments s'en joint un troisième, puis un quatrième (fig. 66). On observe parallèlement l'adjonction au faisceau libérien d'une nouvelle cellule, puis de deux, trois, quatre. C'est ainsi constitué que le faisceau libéro-ligneux pénètre dans les cotylédons. Il est fort intéressant de ne voir apparaître qu'un seul faisceau libéro-ligneux là où il s'en produit quatre généralement.

La gaîne n'existant pas dans ce végétal, le changement d'épiderme se fait d'après le mode que nous avons décrit chez les Dicotylédones. Les cellules rhizogènes et protectrices conservent leurs caractères radicaux jusqu'à la naissance des cotylédons, elles disparaissent là tout à coup.

Ce passage si simple est spécial ; il tire son origine et du faible développement du végétal et de son mode de végétation.

Joncaginées. — Le *Triglochin palustre*, végétal aquatique, comme l'indique son nom, possède encore une structure simple, mais plus élevée cependant que celle du *Damasonium*. La plantule est fort courte, acaule. La racine, longue de 5 millimètres, est légèrement conique. Elle se termine supérieurement par un renflement qui correspond à l'insertion du cotylédon.

La structure de la racine est normale : l'assise pilifère recouvre une membrane épidermoïdale bien caractérisée. Le cylindre central présente le type binaire. Chaque faisceau vasculaire se compose de cinq à sept trachées non pas disposées en série radiale, mais étalées en partie contre la couche rhizogène et recouvrant en partie un énorme vaisseau ponctué central et commun (fig. 67, pl. 19).

Cette structure commence à s'altérer un peu au-dessous du renflement terminal : le grand vaisseau central est remplacé par deux plus petits, mais de diamètre encore assez considérable, et les éléments vasculaires prennent une disposition rappellant mieux la disposition habituelle. A la naissance du renflement ces deux grands vaisseaux disparaissent à leur tour et sont remplacés par cinq ou six plus petits. J'appelle l'attention sur ce fait qui me semble général : les larges vaisseaux ponctués de la racine ne passent pas dans la tige, ils sont toujours remplacés dans la région transitoire par un certain nombre de vaisseaux de diamètre étroit. *La racine du Triglochin possède alors les caractères d'une racine de Dicotylédone* (fig. 68). Les éléments vasculaires et libériens de cette racine se comportent ensuite absolument comme ceux du *Fumaria grandiflora* (1), mais si rapidement, que, sur l'espace de 1 millimètre au plus, nous passons de la structure de la racine à celle de la tige. Je n'ajouterai rien à la description de la formation des faisceaux libéro-ligneux, voulant par là appuyer sur la similitude de cette formation dans les deux embranchements. L'union des faisceaux libéro-ligneux et l'apparition des faisceaux radiaux, qui ne s'opéraient chez le *Fumaria* qu'à la naissance des cotylédons, se produisent un peu plus bas ici, de telle façon que l'axe présente la structure de la tige avant le départ du cotylédon. Un des faisceaux se rend dans cet organe, l'autre dans la première feuille.

---

(1) Voy. p. 314 et fig. 7, 8, 9 et 10, pl. 15.

Le cylindre central reste étroit jusqu'au renflement; là il grandit d'une façon notable, mais pour peu de temps. L'endoderme et le péricambium ne subissent pas de modification avant la naissance du cotylédon. Ils disparaissent là totalement et subitement.

La gaîne manque aussi dans ce végétal; la transformation du système tégumentaire est celle des Dicotylédones.

Le passage, bien que complet, ne demande pour s'effectuer qu'une très petite partie de la racine et le renflement supérieur. Il est des plus rapides, mais se laisse encore parfaitement analyser.

Liliacées. — L'*Hemerocallis japonica*, tout en présentant encore le type binaire, va nous faire franchir un nouveau pas; il nous montrera la formation des faisceaux destinés aux organes plus élevés que le cotylédon. Ces nouveaux faisceaux se disposeront sur les côtés des premiers, sur le même cercle, disposition commune aux Monocotylédones et aux Dicotylédones. Nous verrons aussi que cette formation n'a rien d'inconnu pour nous, c'est celle des faisceaux destinés au premier entrenœud chez les Dicotylédones.

La plantule mesure 2 centim. 3 millim. La tigelle occupe les trois derniers millimètres. L'axe est conique jusqu'à la base de la radicule, plus haut il devient cylindrique. La structure de la racine est normale; la membrane épidermoïdale est bien caractérisée; les faisceaux vasculaires sont réunis par deux larges vaisseaux ponctués. Vers la base de la racine, on observe un nouveau changement : les larges vaisseaux du centre sont remplacés par de plus étroits. Un peu plus haut, le cylindre central prenant plus de développement, le tissu conjonctif apparaît en plusieurs points. D'abord entre les faisceaux vasculaires et la couche rhizogène : il repousse les trachées primitives vers l'intérieur, ensuite entre les faisceaux. Il ne sépare pas les faisceaux ; mais en s'étendant au milieu d'eux, il les fend en deux masses parallèles qu'il repousse contre le liber. Nous avons déjà observé ces phénomènes chez le *Dipsacus* (fig. 47, 48, pl. 18). Ces masses libéro-ligneuses se fondent ensuite en deux parties égales ; chacune est caractérisée par l'orientation centripète de son bois. Elle la perd bientôt par la concentration des éléments vasculaires au milieu des demi-faisceaux libériens opposés et le report des trachées primitives en ce milieu. L'orientation sécantielle se réalise ; elle se conserve jusqu'à la naissance du cotylédon. Là, les faisceaux libéro-ligneux se divisent : la partie qui comprend l'extrémité d'un faisceau libérien se rend dans le cotylédon ; la seconde portion reste dans l'axe. Si nous rapprochons cette formation des faisceaux du premier entrenœud de celle des mêmes faisceaux chez le *Cannabis sativa*, nous leur trouvons le même mode d'origine ; s'il y a une différence, elle est d'importance toute secondaire, elle tient à ce que les deux faisceaux voisins qui se rapprochent et s'unissent chez le *Cannabis* restent libres chez l'*Hemerocallis*. Dans l'un et l'autre cas, ces faisceaux empruntent leur liber à la portion médiane des faisceaux libériens radicaux ; c'est bien là la genèse des faisceaux du premier entrenœud chez les Dicotylédones.

Le péricambium et l'endoderme conservent tous leurs caractères jusqu'à la naissance des cotylédons. L'étendue de la tigelle est trop courte pour que ces membranes aient le temps de se modifier. Il en est de même pour l'accroissement du cylindre central ; s'il s'élargit, on doit plutôt attribuer son extension à la proximité du bourgeon qu'à toute autre cause.

Aussitôt après leur libération les faisceaux du premier entrenœud prennent l'orientation radiale. La longueur du collet dépasse encore ici un peu la longueur de la tigelle; la structure de la tige s'observe immédiatement après l'insertion du cotylédon.

Nous abandonnerons maintenant le type binaire pour étudier diverses modifications du type quatre. En procédant toujours du simple au composé, nous passerons successivement en revue le *Commelyna tuberosa*, le *Pancratium maritimum*, qui se comportent comme le *Triglochin* et l'*Hemerocallis*, et le Glayeul avec lequel nous ferons un nouveau pas.

COMMÉLYNÉES.—Le *Commelyna tuberosa* se comporte comme une véritable Dicotylédone. Par la conduite de ses faisceaux, il rappelle le *Tropæolum :* deux pénètrent dans le cotylédon, les autres passent dans la tige.

La tigelle peut atteindre jusqu'à 1 centimètre, ce qui semble beaucoup pour une Monocotylédone. Son insertion sur la radicule est marquée par une légère nodosité due à la présence d'une gaîne. La structure de la racine est normale, la membrane épidermoïdale peu évidente. Les quatre faisceaux vasculaires se réunissent par l'intermédiaire de larges vaisseaux ponctués. Cette structure ne s'altère que dans la partie renflée de l'axe, recouverte par la gaîne, où apparaissent les premières racines adventives. En ce point la moelle se fait jour, le cylindre central s'élargit, le nombre des éléments de chaque faisceau vasculaire quadruple ou quintuple même, mais il ne faut pas se dissimuler que la présence des radicelles doit contribuer beaucoup à cette augmentation. Le diamètre des vaisseaux s'égalise. Ces éléments nouveaux ne se produisent pas sur le prolongement direct des lames vasculaires, mais en divergeant de façon à recouvrir les faisceaux libériens partiellement d'abord, totalement ensuite, par leur jonction avec les parties homologues provenant des faisceaux voisins.

Chaque faisceau possède alors la figure d'un Y à branches divergentes courbées pour s'appliquer contre le liber. Le tissu conjonctif pénètre alors au milieu des parties les plus anciennes du bois et divise complètement les faisceaux en deux masses symétriques. La gaîne cesse à cette hauteur et l'épiderme de la tige apparaît. Les phénomènes se poursuivent sans interruption dans le cylindre central. Les trachées primitives sont séparées du péricambium par interposition du tissu conjonctif; elles sont très rapidement repoussées vers l'intérieur et se superposent, par un mouvement de latéralité, au bois déjà opposé au liber. Le diamètre du cylindre central est étroit; les faisceaux libériens restent indivis et les deux demi-faisceaux vasculaires qui les bordent se confondent en un faisceau radial. Ces faits se produisent en si peu de temps, que, dès sa base, la tigelle présente quatre faisceaux libéro-ligneux radiaux, caractéristiques de la tige. C'est ainsi que se formaient les faisceaux libéro-ligneux du Ricin. Ces faisceaux, équidistants dans la tigelle, se rapprochent deux à deux à la naissance du cotylédon, constituant deux groupes opposés. Chaque faisceau se divise en deux masses égales, et les médianes de chaque groupe, qui tirent évidemment leurs éléments ligneux du même faisceau radical passent dans le cotylédon pour en constituer les nervures. La nervure médiane est constituée par deux de ces faisceaux qui restent presque en contact; les nervures latérales fort distantes proviennent de l'autre groupe. Les faisceaux qui restent dans l'axe et qui proviennent des faisceaux vasculaires alternes avec les précédents se rendent dans la première feuille.

La couche protectrice dans le parcours de la tige agrandit et arrondit légèrement ses cellules, mais elle ne perd pas entièrement ses stigmates. Le péricambium perd simplement une ou deux cellules devant quelques-uns des faisceaux. Ces cellules sont remplacées par du liber. Le cylindre central double, toutes proportions gardées, son diamètre dans le parcours de la tigelle.

En résumé, le passage n'est pas localisé dans la tigelle; il n'occupe qu'une petite partie de cet organe et la portion terminale du pivot.

Amaryllidées. — *Pancratium maritimum.* — En somme, la conduite des faisceaux du *Pancratium* est celle que nous avons observée chez l'*Hemerocallis*. Les faisceaux ligneux vont recouvrir les faisceaux libériens. Les masses libéro-ligneuses, en se coupant en trois parties, formeront trois faisceaux libéro-ligneux. Les latéraux passeront dans le cotylédon, le médian dans le premier entrenœud. Ces faisceaux se disposent sur un même cercle, c'est le cas des Dicotylédones. La plantule est volumineuse. La racine, longuement conique, mesure 8 à 9 centimètres. Elle est surmontée par une nodosité circulaire qui marque le point d'attache du cotylédon. Le végétal est véritablement acaule. Il n'y a pas de gaîne et la membrane absorbante semble privée de poils radicaux; la membrane épidermoïdale est fort évidente. Le cylindre central, fort étroit (il ne constitue que le huitième du rayon), présente quatre faisceaux ligneux se terminant intérieurement par un large vaisseau souvent séparé du reste du faisceau. Un très large vaisseau central réunit les quatre faisceaux. 2 centimètres au-dessous de la nodosité, le cylindre central subit une première modification. La moelle apparaît; le vaisseau central est remplacé par de plus petits qui se divisent entre les faisceaux vasculaires isolés maintenant. Plus haut, le nombre des trachées augmente d'une façon sensible, elles se groupent le long de la membrane rhizogène; leur nombre continue à s'accroître jusqu'au changement d'épiderme. Malgré ces faits, le cylindre central a conservé le facies radical dans toute sa pureté, et pourtant le départ du cotylédon aura lieu moins de 1 millimètre plus haut. Le tissu conjonctif s'introduit au milieu des faisceaux ligneux, il les sépare longitudinalement en deux masses parallèles d'abord, mais qui s'inclinent bientôt pour recouvrir de leur portion profonde le liber voisin. C'est alors que la division du liber en trois masses a lieu. La portion médiane reste immobile et conserve les vaisseaux les plus larges qui lui sont opposés. Les parties latérales flanquées sur leur côté des trachées, encore disposées dans l'ordre centripète, passent dans le cotylédon. Dans le trajet le liber marche plus vite que le bois, le dépasse et s'y superpose. Les deux faisceaux voisins, qui tirent leur bois de la même lame vasculaire radicale, s'unissent en même temps; le cotylédon ne reçoit que quatre faisceaux libéro-ligneux. Celui qui est opposé à la nervure médiane se divise bientôt; la scission de la gaîne cotylédonnaire se produisant entre ces deux masses, la symétrie de la feuille est sauvegardée. Les faisceaux de la feuille sont radiaux, ceux qui restent dans l'axe possèdent cette disposition dès leur naissance.

Le changement d'épiderme se produit comme chez les Dicotylédones. L'endoderme et le péricambium ne subissent que peu de modifications; ils disparaissent instantanément avec l'insertion du cotylédon. Le cylindre central prend fort peu d'accroissement, il ne forme que le sixième du diamètre dans la nodosité supérieure.

En résumé, les faisceaux radiaux caractéristiques de la tige ne s'observent qu'à la base du premier entrenœud et pourtant le passage a débuté 2 centimètres au-dessous de ce point. Le collet comprendra tout cet espace.

Iridées. — *Glayeul.* — Avec ce végétal nous allons assister à la naissance de deux cercles de faisceaux libéro-ligneux. Cette disposition, nouvelle pour nous, peut s'expliquer de la façon la plus simple. Les faisceaux libéro-ligneux du premier entrenœud qui demeurent parallèles aux faisceaux cotylédonnaires, chez les Dicotylédones, sur le parcours entier de l'axe hypocotylé, s'en écartent ici aussitôt après leur formation et se rapprochent du centre formant un rang plus interne. Nous verrons un peu plus loin, chez le Dattier, les faisceaux de ce second rang (qui vont se perdre dans la première feuille) se diviser de très bonne heure, et une partie des nouveaux faisceaux se rapprocher davantage encore du centre : l'axe présentera alors trois cercles de faisceaux.

A la germination, la graine de Glayeul donne naissance à un long pivot sans radicelles, surmonté par une tigelle de 1 millimètre et demi. L'insertion du cotylédon est indiquée par une légère nodosité circulaire; cet organe reste, comme celui du *Pancratium*, en partie engagé dans la graine. La racine est normale, la membrane épidermoïdale nette. Le cylindre central étroit forme un peu moins du 1/5 du rayon. Les faisceaux vasculaires se réunissent au centre; leur partie profonde est formée de vaisseaux ponctués beaucoup plus larges que les trachées primitives. Les premières modifications se font sentir un peu avant le changement d'épiderme; les vaisseaux larges du centre sont remplacés par de plus étroits et en plus grand nombre. Lors du changement d'épiderme, une nouvelle augmentation se produit dans le nombre des vaisseaux; on ne peut plus distinguer le tissu conjonctif qui sépare les faisceaux vasculaires et libériens; les seconds sont enveloppés par les premiers, leur face externe seule reste libre. La moelle n'apparaît qu'un peu plus haut; elle ne consiste qu'en trois ou quatre cellules; elle ne donne pas plus d'extension au cylindre central. Elle ne peut isoler les faisceaux vasculaires, mais se fait jour au milieu d'eux et les coupe longitudinalement en deux masses centripètes. Cette division est à peine achevée que les faisceaux libériens se divisent à leur tour en trois parties. Les portions médianes s'avancent vers le centre entraînant avec elles le bois correspondant et y constituent des faisceaux libéro-ligneux radiaux. La moelle disparaît dans ce mouvement; elle reparaît quand il est achevé. Les trachées primitives restées contre la couche rhizogène avec les masses libériennes latérales quittent cette membrane, gagnent l'intérieur en côtoyant le liber et vont se superposer à la face interne de cet élément pour donner naissance à des faisceaux libéro-ligneux radiaux. Les deux faisceaux voisins qui tirent leur bois de la même source s'unissent et s'avancent dans le cotylédon. Cet organe reçoit donc quatre faisceaux comme ceux du *Pancratium;* ils se comportent comme eux. Le faisceau qui forme la nervure médiane est de beaucoup le plus développé, la puissance des autres décroît en raison directe de leur éloignement de l'axe de symétrie. Conséquemment, la puissance des faisceaux qui restent dans l'axe est fort diverse, l'ordre de décroissement est entièrement inverse du précédent. Ces derniers faits se passent très rapidement, entièrement dans la nodosité supérieure; leur analyse est fort difficile, impossible même sans avoir passé préalablement par le cas du *Pancratium* et de l'*Hemerocallis*.

L'endoderme et la couche protectrice persistent jusqu'à la naissance du cotylédon. Le cylindre central forme environ le tiers du rayon. Ce ne sont pas là les proportions de la tige!

Les phénomènes de passage débutent un peu au-dessous de la tigelle, ils s'étendent sur toute la longueur de cet organe, mais sont surtout localisés dans sa partie supérieure.

Nous passerons maintenant en revue trois cas dans lesquels le nombre des faisceaux est beaucoup plus considérable. Nous pourrons voir dans le Maïs la formation de faisceaux libéro-ligneux dont le bois embrasse en partie le liber; dans le Dattier, la naissance d'un axe présentant plusieurs cercles de faisceaux; enfin nous aurons le maximum de complication avec le *Canna lutea*.

Graminées. — Le *Zea Maïs* présente des phénomènes de passage relativement peu compliqués, ses faisceaux ne se disposent sur plusieurs cercles qu'au-dessus du cotylédon, près de la première feuille.

La plantule est encore attachée à la graine par le scutelle. Elle comprend une radicule cylindrique, volumineuse, recouverte supérieurement par la coléorhize. La tigelle, fort courte, porte latéralement de nombreuses radicelles. La structure de la racine des Graminées est trop connue pour en renouveler la description. Le pivot du Maïs présente douze à quatorze faisceaux vasculaires linéaires, à éléments de plus en plus développés, séparés par une large moelle. De grands vaisseaux ponctués sont logés dans la partie externe de celle-ci.

Cette structure se conserve intacte jusque vers le point d'attache du scutelle. Les éléments vasculaires augmentent en nombre, ils se concentrent vers la couche rhizogène, et d'unisériés qu'ils étaient plus bas deviennent plurisériés. Les trachées se séparent de la partie profonde du faisceau. Cette dernière s'adjoint une grande quantité de petites trachées qui se développent perpendiculairement à la direction primitive du faisceau radical, s'avancent au-dessous des faisceaux libériens voisins. Les faisceaux ligneux ont alors l'aspect d'un T dont les branches seraient disjointes.

La partie profonde du faisceau (la branche horizontale du T) est coupée en son milieu par le tissu conjonctif; ses moitiés sont repoussées latéralement, se superposent aux faisceaux libériens les plus proches et s'unissent aux parties homologues provenant des faisceaux ligneux voisins. Il naît autant de faisceaux libéro-ligneux qu'il y avait de faisceaux libériens. La branche montante du T, trouvant alors le chemin libre, quitte la couche rhizogène et s'avance, doucement d'abord, vers la moelle, mais quand se fait l'attache du scutelle *toutes* les masses trachéennes quittent leur place et se rendent dans cet organe par le chemin le plus court, horizontalement à travers la moelle. Il doit en être forcément ainsi pour que la diffusion des matières nutritives empruntées au scutelle et à l'albumen par l'intermédiaire de celui-ci, puisse se faire d'une façon égale. Tous les auteurs ne sont pas de cet avis (1). Ce mouvement est de moins en moins rapide au fur et à mesure que l'on se rapproche du point d'attache du scutelle. On trouvera la structure de la tige déjà accusée dans le point diamétralement opposé et les éléments encore couchés dans le voisinage de cet organe. Je pourrais m'arrêter ici, le cylindre central ne nous présente plus que des faisceaux libéro-ligneux; j'irai cependant un peu plus loin pour montrer l'origine des faisceaux ligneux en V.

Après le départ des faisceaux pour le scutelle, la structure de l'axe n'est plus symétrique que par un rapport à un plan, en raison du plus grand nombre d'éléments qui sort de l'axe du côté du cotylédon. De chaque côté de ce plan, nous trouvons un immense faisceau, puis, plus loin et achevant le cercle, un grand nombre de faisceaux plus petits complétant le cercle. Ces faisceaux, isolés jusque-là, se réunissent par agrandissement des faisceaux libériens qui marchent l'un vers l'autre et s'unissent en un anneau continu. Les faisceaux ligneux repoussés s'étalent à la face interne du liber; ils s'unissent en un anneau formé alternativement de trachées et de vaisseaux ponctués. Le liber prend alors plus d'accroissement en face des parties trachéennes; il les enfonce dans la moelle; l'anneau ligneux se déchire au milieu des vaisseaux ponctués pour se prêter à ce mouvement. Les vaisseaux ponctués restant toujours en arrière, les lames vasculaires sont forcées de se courber d'abord, puis de se plier en V pour rester continues. Le liber se concentre au milieu des branches. Les faisceaux réalisent alors le facies particulier à un grand nombre de Monocotylédones.

---

(1) Van Tieghem, *Cotylédon des Graminées*, *Ann. sc. nat.*, 5^e série, t. XV, p. 234.

Les faisceaux se rapprochent alors du cylindre cortical, mais ils ne se disposent plus sur un seul rang. Les plus petits forment un cercle externe; les plus grands font saillie dans la moelle et simulent un second cercle.

Fait particulier, les gros vaisseaux isolés de la moelle de la racine se continuent jusqu'à la naissance de la première feuille. Du reste, à partir de ce point la structure de l'axe change complètement; les faisceaux se disposent sur plusieurs cercles.

PALMIERS. — *Dattier*. — L'axe hypocotylé du *Phœnix dactylifera* peut mesurer 7 à 8 centimètres. Il est très légèrement conique, presque cylindrique. Son aspect extérieur est le même sur tout son parcours. Supérieurement il est terminé par une nodosité qui indique la naissance du cotylédon. Il n'y a pas de gaîne. Le système tégumentaire de la racine, formé par plusieurs couches de cellules subéreuses formant le tissu épidermoïdal, recouvre entièrement l'axe hypocotylé et la partie engaînante du cotylédon. Le changement d'épiderme ne se fait qu'à la base du premier entrenœud. Une zone de prosenchyme sépare le tissu tégumentaire du parenchyme cortical.

La structure de la racine est normale. Elle présente une douzaine de faisceaux vasculaires séparés par une large moelle dont les cellules s'épaississent avec l'âge. L'épaississement est progressif, il se fait de dehors en dedans. Les faisceaux vasculaires ont le facies propre aux Monocotylédones.

Cette structure se conserve jusqu'à 3 millimètres 1/2 des cotylédons. Une première rangée de cellules parenchymateuses apparaît entre les faisceaux vasculaires et libériens et la couche rhizogène. Il faut ensuite arriver à 1 millimètre des cotylédons pour observer de nouveaux phénomènes, mais à partir de ce point, ils se pressent tellement qu'à la naissance du cotylédon l'axe présentera les faisceaux libéro-ligneux de la tige. Une nouvelle rangée de parenchyme s'ajoute à la première et éloigne encore davantage les faisceaux de la couche rhizogène. Le nombre des éléments vasculaires double, les grands vaisseaux sont remplacés par de plus petits : les diamètres s'égalisent. Des faisceaux isolés de fibres à parois épaisses apparaissent dans le cylindre cortical ; ils naissent successivement et forment bientôt un cercle discontinu.

Alors commence le renversement des faisceaux vasculaires. Tous ne se comportent pas de même ; ces mouvements différents sont dus à la conduite différente des faisceaux libériens : certains se divisent, les autres restent indemnes. Lorsque la division a lieu, elle se produit selon deux modes. De là trois cas :

1° Les faisceaux libériens restent indivis. Les faisceaux ligneux se fendent longitudinalement par pénétration d'une ou de deux rangées de parenchyme au milieu d'eux, puis les deux masses s'éloignent peu à peu de la couche rhizogène ; elles côtoient, chacune de leur côté, le liber le plus proche, en recouvrent la face profonde, se joignent avec la masse vasculaire homologue provenant du faisceau voisin, et constituent un faisceau libéro-ligneux radial à bois centrifuge.

2° Les faisceaux libériens se divisent :

a. Ce premier cas correspond à la division ordinaire du faisceau libérien en trois parties, mais la formation du faisceau libéro-ligneux se fait par un procédé nouveau. Les faisceaux vasculaires se divisent longitudinalement comme précédemment ; mais le demi-faisceau qui avoisine le liber, qui doit se segmenter, reste immobile pendant quelque temps encore. Ce liber s'allonge considérablement vers la moelle de façon à dépasser la face interne des faisceaux ligneux; la portion qui fait saillie dans la moelle se sépare de la masse et s'avance plus profondément. Les demi-faisceaux vasculaires contournent seulement alors la masse principale du liber; dans ce trajet, l'un des faisceaux vasculaires sépare sa partie la plus profonde et l'envoie rejoindre le segment libérien isolé dans la moelle; le reste continue son chemin et s'unit à son homologue comme si rien ne s'était passé. De ce travail, il est résulté deux faisceaux libéro-ligneux : l'externe est radial; l'interne n'a pas d'orientation bien définie, sa direction est inclinée, le liber plus rapproché du centre, le bois tourné vers le faisceau qui lui a donné naissance. Ce dernier tourne bientôt sur lui-même et prend l'orientation radiale.

b. Les faisceaux libériens, par leur division, indiquent encore la formation de deux faisceaux libéro-ligneux. Cette fois, le plus grand est interne. Le plus petit a une origine absolument semblable à celle du faisceau libéro-ligneux qui prend son origine chez les *Lathyrus*, *Vicia*, aux dépens de la partie vasculaire qui ne passe pas dans les cotylédons. Le faisceau vasculaire s'enfonce légèrement vers la moelle, puis subit deux segmentations perpendiculaires. La première sépare la partie externe du faisceau; la seconde divise longitudinalement la masse profonde et principale selon le mode ordinaire. Les faisceaux internes contournent les faisceaux libériens voisins et s'y opposent. La petite masse ne bouge pas de place, mais un des faisceaux libériens envoie vers lui une petite branche qui se place extérieurement entre lui et la couche rhizogène. Ces petits faisceaux libériens sont radiaux dès l'origine; ils sont rares et forment un cercle externe.

Le départ des faisceaux pour le cotylédon a lieu aussitôt après la naissance des faisceaux libéro-ligneux. Six faisceaux (la moitié du système conducteur radical) symétriquement placés quittent le cylindre central et passent dans la feuille séminale. Ils se superposent aux faisceaux fibreux corticaux et les entraînent.

En résumé, le passage s'opère complètement chez le Dattier dans l'axe hypocotylé. Il est localisé dans les trois millimètres supérieurs, mais la plus grande partie des phénomènes se produit dans le dernier millimètre. Dans le premier entrenœud les faisceaux se divisent un grand nombre de fois et se disposent sur quatre, cinq et six rangs.

AMOMACÉES. — *Canna lutea.* — La graine des *Canna* donne naissance à une plantule fort volumineuse, acaule dans toute l'acception du mot. L'axe hypocotylé se compose d'une racine principale qui se distingue si peu des racines secondaires, qu'il faut un certain soin pour l'en séparer. Ces dernières sont fort nombreuses et prennent toutes naissance de la partie supérieure de l'axe. Elles perforent la coléorhize en nombre de points. On en peut trouver plusieurs verticelles de huit.

Nous prendrons le végétal à la base de la gaîne. Le pivot en ce point possède entièrement les caractères de la racine. Il est protégé par une zone de cellules subéreuses analogue à celle du Dattier. Son cylindre central présente le type huit. Les faisceaux vasculaires sont unis par deux larges vaisseaux ponctués, séparés de tous les faisceaux par une lame de parenchyme.

Peu au-dessus, le cylindre cortical s'unit à la gaîne; les membranes protectrice et rhizogène disparaissent. Le cylindre cortical est sillonné par le passage des nombreuses radicelles. Pour leur donner attache, le cylindre central perd sa structure radicale qu'il ne recouvrira jamais; son diamètre s'accroît et il passe du type huit à un type plus élevé, mais qu'on ne peut définir, car la formation des faisceaux libéro-ligneux commence en des points différents, immédiatement après le départ des radicelles. C'est une première complication, ce n'est pas la seule! La division et le renversement des faisceaux se fait tellement rapidement que leurs éléments deviennent horizontaux. Il n'est plus possible de rien démêler dans le cylindre central. Pourtant les phénomènes doivent être ceux que nous avons décrits chez le Dattier, car lorsque les éléments reprennent leur marche verticale, nous retrouvons la même disposition des faisceaux : extérieurement, plusieurs cercles de faisceaux radiaux; plus près du centre, des faisceaux à orientation latérale. La conduite de ces faisceaux est ensuite celle des faisceaux du Dattier. Je ne m'attarderai pas à la décrire.

Après avoir rencontré des végétaux où le *collet* mesure plus d'un décimètre, nous terminons avec le *Canna*, où peu s'en faut que cette région ne soit réduite à un plan. Ce cas, exceptionnel chez les Dicotylédones, où la tigelle manque rarement, doit être fréquent chez les Monocotylédones, et j'en parle savamment, ayant dû abandonner un grand nombre de sujets qui se comportaient comme le *Canna*. Il y a là un caractère différentiel des deux ordres à ajouter à ceux déjà connus.

TROISIÈME PARTIE

CRYPTOGAMES VASCULAIRES.

La difficulté de me procurer des échantillons en état convenable fait que j'ai dû borner mes recherches aux deux familles des Fougères et des Lycopodiacées.

Le passage se fait d'une façon tellement identique dans les végétaux étudiés, qu'il me semble que je puis déjà conclure que le collet se trouve localisé ici d'une façon bien plus constante que chez les Phanérogames. Le passage s'opère complètement dans le voisinage du pied ; il n'embrasse guère plus de l'épaisseur de cet organe. Le passage est des plus rapides : le collet presque réduit à un plan. Il y a là un caractère différentiel important à ajouter à ceux des deux embranchements. La structure des faisceaux de la tige diffère si peu, chez les Fougères et les Lycopodiacées, de ceux de la racine, qu'il y a prédisposition à un passage rapide et dont on peut suivre entièrement et facilement toutes les phases. En serait-il de même chez les Équisétacées, où la disposition des éléments libéroligneux de la tige rappelle celle de ces mêmes éléments dans la tige des Phanérogames? Le cas serait plus particulièrement intéressant.

LYCOPODIACÉES

Établissons d'abord nos points de départ et d'arrivée. La racine rappelle la racine primaire des Phanérogames. Elle n'en diffère que par la naissance toute spéciale des radicelles. La couche rhizogène n'est pas prolifère. La structure de la tige est variable selon les genres, mais la structure des faisceaux est identique. Des faisceaux ligneux cunéiformes formés de vaisseaux étroits (trachées) vers la pointe, de vaisseaux larges (scalariformes) vers la base; ces faisceaux sont isolés ou géminés opposés par leur base, toujours complètement enveloppés par le liber. Lorsque l'axe présente plusieurs de ces faisceaux ils se disposent parallèlement. Chacun peut avoir une gaîne particulière, il n'existe parfois qu'une gaîne générale.

Selaginella denticulata. — La tige des Sélaginelles a pour caractère particulier de présenter des faisceaux libéro-ligneux isolés, protégés par une gaîne particulière et réunis au tissu fondamental par l'intermédiaire de trabécules qui laissent entre eux de larges canaux aérifères. C'est à une tige ainsi constituée que nous devons arriver.

Notre végétal se compose d'un petit prothalle sphérique, moins gros qu'une tête d'épingle et duquel partent inférieurement trois racines, une médiane (le pivot) et deux latérales inclinées à 45 degrés sur la première. A la même hauteur et s'engageant dans sa masse, se trouve le pied; supérieurement, la tigelle, se dichotomisant après quelques millimètres.

La racine principale ne présente qu'un seul faisceau. Elle est fort grêle et montre (fig. 69, pl. 19) un épiderme villeux à parois minces et arrondies extérieurement. Cet épiderme recouvre une assise de cellules polygonales à parois minces, mais noirâtres, subérisées et constituant la membrane épidermoïdale. Au-dessous, deux rangs de cellules également polygonales et disposées sans ordre, mais à parois légèrement épaissies, réfringentes; puis une dernière rangée de cellules également polygonales, mais à parois minces. Tous ces éléments ont un diamètre considérable comparé à celui des cellules plus internes difficilement discernables, même à un grossissement de 900 diamètres. Cet amas central comprend l'endoderme et le cylindre central. L'endoderme est formé de cellules tabulaires assez régulièrement opposées aux cellules de la dernière couche corticale, ne présentant pas les plissements caractéristiques. Formant le centre : deux éléments, d'un côté, un petit groupe de trachées disposées en coin, à pointe externe, les éléments les moins larges occupant la pointe ; d'un autre, comblant les intervalles, des cellules fort étroites, toutes semblables, difficiles à différencier en conjonctives et en libériennes.

Cette structure se conserve jusqu'au point d'attache des deux racines latérales. Ces deux racines prennent naissance à la même hauteur en face de la pointe vasculaire. Au lieu de sortir directement, comme c'est le cas ordinaire, elles s'incurvent en se fuyant dans le parenchyme cortical et sortent vis-à-vis l'une de l'autre aux extrémités du même diamètre (fig. 70).

Aussitôt après apparaît latéralement le pied. Le passage commence aussitôt. Les modifications portent sur tous les éléments à la fois et se succèdent si rapidement, que les coupes successives se présentent toujours avec un aspect nouveau. Les faisceaux vasculaires augmentent le nombre de leurs éléments, puis se reportent vers le centre. Le liber occupe peu à peu l'espace laissé libre par le bois et bientôt l'entoure de toutes parts. Au sortir du prothalle, l'épiderme change d'aspect, il se recouvre d'une cuticule et devient le véritable organe protecteur. Le cylindre central, entraînant avec lui l'endoderme, qui devient la gaîne du faisceau, s'isole du cylindre cortical par l'élongation et la dissociation latérale des cellules de la dernière couche de ce cylindre. Ainsi se forment les trabécules et les canaux aérifères et se réalise la structure de la tige (fig. 71, pl. 19).

Lorsque l'on approche de la bifurcation l'aspect du bois change. Les trachées jusque-là latérales viennent occuper le centre du faisceau. Les vaisseaux scalariformes se rassemblent en deux groupes opposés qui entourent presque complètement les trachées. Le faisceau se prépare à la division (fig. 72).

La connaissance de ce fait est de la plus haute importance; nous allons le voir bientôt.

FOUGÈRES.

Établissons, comme nous l'avons fait précédemment, la structure type de la racine et de la tige.

La racine ne diffère de la racine primaire des Phanérogames que par le déplacement de la membrane rhizogène, constituée ici par la dernière assise du cylindre cortical, celle qui fournit l'endoderme des Mono et des Dicotylédones.

L'aspect de la tige rappelle de loin celle de cet organe chez les Monocotylédones : un nombre variable de faisceaux libéroligneux (un médian à la limite inférieure) disposés sur un ou plusieurs cercles concentriques et noyés dans le tissu conjonctif.

Ces faisceaux affectent deux formes : les uns sont elliptiques, les autres sont arrondis. Généralement on ne décrit que les premiers : ils sont géminés (1); ils se composent d'une gaîne commune entourant un anneau libérien également commun et des deux faisceaux ligneux formant la portion centrale. La formation de ces faisceaux ligneux est rayonnante, le centre de chacun d'eux correspond à un des foyers de l'ellipse. Ils se développent indépendamment et se réunissent par simple contact. Si nous rapprochons un de ces faisceaux ligneux de celui de la précédente sélaginelle au moment où l'axe (et conséquemment le faisceau axillaire) vont se diviser, nous serons portés à envisager d'une manière toute nouvelle ces faisceaux, vu, surtout, la présence des autres faisceaux que l'on passe trop facilement sous silence.

Ces faisceaux arrondis sont toujours beaucoup moins volumineux que les précédents; ils sont simples ou géminés.

---

(1) C'est là le cas le plus fréquent; mais ils peuvent être formés par un plus grand nombre de faisceaux, confondus dans leur portion libérienne, mais à bois distinct.

La gaîne et le liber sont ceux des faisceaux elliptiques. Le bois est arrondi, les trachées sont latérales, disposées en arc de cercle; elles n'occupent qu'un des côtés du cercle si le faisceau est simple (rhizomes du *Pteris aquilina*, du Polypode de chêne), elles forment deux arcs opposés si le faisceau est géminé. J'insiste sur ce point, car ce sont ces derniers faisceaux géminés à trachées latérales que nous allons voir faire suite à ceux de la racine. Chacun de ces faisceaux ligneux, pris en particulier, présente la même disposition fondamentale de ses éléments que le faisceau ligneux de la sélaginelle au-dessus du prothalle.

Nous décrirons le passage chez l'*Asplenium striatum* et l'*Adianthum acuneatum*, les phénomènes se passent absolument de la même façon dans ces deux végétaux. Je pourrai abréger l'histoire du deuxième.

Asplenium striatum. — La plantule est prise au moment où elle est encore reliée au prothalle. Pour éviter les complications j'ai choisi de préférence les échantillons ne présentant encore que deux feuilles. Le végétal est acaule. Il présente trois petites racines : une médiane un peu plus forte, l'analogue du pivot; deux latérales partant du sommet de la première au point où celle-ci pénètre dans le prothalle. Les petites feuilles partent immédiatement au-dessus du pied; elles laissent entre elles deux ou trois petits mamelons qui sont les rudiments d'autant de petites feuilles arrêtées dans leur développement.

La racine principale comprend (fig. 73, pl. 19) un épiderme à cellules arrondies extérieurement, à parois minces se relevant en nombreux poils radicaux; au-dessous, deux rangées de cellules à parois minces et noirâtres; une troisième assise d'une douzaine d'éléments à parois épaissies vers l'intérieur, fortement colorées en brun, jouant le rôle d'endoderme. Vient ensuite la dernière assise (rhizogène) du cylindre cortical; elle est composée de cellules à parois minces et en nombre moitié moindre que les précédentes. Chez les Phanérogames on observe souvent le contraire, jamais un cas semblable.

Le cylindre central comprend, outre l'assise externe non rhizogène, deux faisceaux ligneux réunis au centre et composés chacun de quatre à cinq éléments. Le liber aidé du tissu conjonctif comble les intervalles.

On trouve cette disposition jusque dans le voisinage du pied où les modifications suivantes s'observent toutes presque simultanément. L'épiderme perd ses poils, mais ses cellules ne se cuticularisent pas encore. L'épaississement interne des cellules de l'avant-dernière couche du cylindre cortical disparaît. Ce cylindre devient homogène. Les cellules de la véritable membrane rhizogène se divisent pour égaler en nombre celles de l'avant-dernière couche et rétablir la superposition typique. Le nombre des éléments vasculaires s'accroît, leurs diamètres s'égalisent.

Les trachées primitives quittent l'assise périphérique.

Les cellules libériennes en prennent immédiatement la place et enserrent complètement le bois. Le diamètre de certaines cellules libériennes s'agrandit considérablement : on reconnaît les vastes cellules grillagées de la tige. Les trachées primitives en se rétractant s'étalent le long de la masse ligneuse centrale et viennent former les deux petits arcs de cercles trachéens dont je parlais plus haut dans les préliminaires. Les véritables cellules protectrices de la racine constituent la gaîne du faisceau.

C'est alors que le végétal se libère supérieurement du prothalle, mais il présente déjà la structure d'une tige à faisceau géminé central arrondi. Nous sommes arrivés au but (fig. 74).

La formation du point végétatif et le départ des premières feuilles altèrent immédiatement cette structure. Elle ne s'observe que sur un espace très court. On devra prendre quelques soins pour ne pas la méconnaître.

Adianthum acuneatum. — L'*Adianthum acuneatum* se prête mieux encore à l'étude que le végétal précédent.

La structure de la racine est à peu près semblable. Les deux dernières assises corticales formées de six cellules égales sont disposées comme les côtés d'un hexagone. Les avant-dernières, épaissies extérieurement, jouent le rôle d'endoderme ; les dernières, de la membrane rhizogène (fig. 75).

Le passage est localisé dans les mêmes régions que chez l'*Asplenium*.

Près du pied, le cylindre central s'agrandit très rapidement ; les cellules épaissies protectrices augmentent en nombre pour se prêter à cet accroissement et continuer leur rôle. Le cylindre central, d'hexagonal devient octogonal ; il s'arrondit ensuite.

Le nombre des cellules protectrices monte alors à vingt. Ces cellules perdent leur épaississement interne et prennent les caractères des cellules de la gaîne. Les déplacements des trachées primitives et du liber sont ceux de ces éléments chez l'*Asplenium*. Les cellules grillagées prennent un diamètre encore plus considérable et sautent immédiatement aux yeux. Le nombre des vaisseaux s'accroît parallèlement au développement du cylindre central. Ceux qui occupent le centre sont scalariformes, les trachées se localisent en deux points opposés et extérieurs de la masse. Ce sont là nos faisceaux arrondis à trachées latérales (fig. 76).

Je terminerai en ce point, n'ayant rien à ajouter à la caractéristique du collet des Cryptogames que j'ai donnée en commençant l'étude de ce groupe : Passage des plus simples, localisé dans le voisinage du pied.

Ai-je rempli mon but ? Je l'espère. S'il n'en est rien, on me tiendra compte de mon bon vouloir.

Près de cent végétaux passés en revue ! Plus de sept mille coupes étudiées successivement !

CONCLUSIONS

En résumé : *Le collet plan géométrique n'existe pas.*

Il existe entre la tige et la racine une région, plus ou moins étendue selon les végétaux, dans laquelle les éléments de la racine, en s'avançant dans les parties plus élevées de l'axe, se modifient, se déplacent et prennent peu à peu la configuration, la place et l'importance qu'ils possèdent dans la tige.

La transformation de chacun des éléments est indépendante des transformations des éléments voisins ; elle peut être continue ou s'opérer en plusieurs temps plus ou moins espacés ; quelquefois lente, elle est ailleurs extrêmement rapide. Le passage peut débuter indifféremment dans l'un ou l'autre élément; tel qui inaugure ici le passage, sera là le dernier à s'adapter. Il résulte de ces faits : 1° que le collet, anatomiquement parlant, se présente, envisagé en ses différents points et chez plusieurs végétaux à la fois, avec les aspects les plus variés, en nombre incalculable (1) ; 2° que la transformation du système tégumentaire ne peut fournir aucune donnée touchant la délimitation de la tige et de la racine. Le changement d'épiderme est une des phases du passage; il se produit à des moments très divers.

Pris dans ses plus grandes dimensions le collet peut commencer dans la partie supérieure de la radicule et ne se termine que dans le quatrième entrenœud, mais il dépasse rarement les cotylédons (2). Il peut être entièrement localisé dans la radicule; occuper une partie de cet organe et tout ou partie de la tigelle; enfin, intéressant la tigelle seule, en comprendre la totalité ou une partie seulement. On voit alors avec quelles réserves on doit employer les deux noms de tigelle et de radicule, commodes, il est vrai, dans le style descriptif, mais pouvant donner lieu à des idées fausses touchant la structure de ces parties (3).

Le plus souvent le passage s'effectue complètement et doucement dans l'axe hypocotylé ; mais lorsque les éléments de la racine arrivent aux cotylédons et s'y perdent en entier sans avoir réalisé le type caulinaire, on observe un saut brusque à la base du premier entrenœud, car l'axe sorti de la gemmule possède toujours les éléments de la tige normalement disposés (1).

---

(1) Je n'ai jamais rencontré deux végétaux d'espèces différentes se comportant entièrement de même.

(2) Les Viciées seules forment l'exception.

(3) Ne pourrait-on dire portion lisse ou cuticularisée et portion villeuse de l'axe hypocotylé ?

L'étendue du collet me semble surtout liée au diamètre de la plantule, plus il est grand plus vite s'effectue le passage, mais je dois ajouter que passée une dimension minima, cette cause ne semble plus avoir d'influence. L'absence de la tigelle influe aussi sur la rapidité des mouvements et conséquemment sur la longueur du collet : cette région est extrêmement courte chez les Cryptogames vasculaires et les Monocotylédones dépourvues de cet organe. Une large moelle dans la racine facilitant le déplacement des éléments rend également le passage plus rapide.

Il n'y a aucun caractère de famille à tirer de l'étude du collet, il y a seulement une certaine constance dans l'espèce ; quel que soit le développement en longueur que prenne la plantule, les éléments possèdent la même disposition sous les cotylédons (2).

Le raisonnement seul pouvait faire prévoir l'existence de cette région intermédiaire facilitant l'accommodation du végétal aux milieux très différents qu'il rencontre à sa naissance, en raison des situations extrêmement variables qu'occupent les gaînes protectrices lors de la germination.

EXPLICATION DES FIGURES

ep.	Épiderme.
me.	Membrane épidermoïdale.
pc.	Parenchyme cortical.
e.	Endoderme.
p.	Péricambien.
fv.	Faisceau vasculaire.
fl.	Faisceau libérien.
tc.	Tissu conjonctif.
c.	Cambium.
pca.	Procambium ou faisceaux nés du procambium.
fvt.	Faisceaux destinés au premier entrenœud.
tp.	Trachées primitives.

PLANCHE 15.

Fig. 1-6. Le passage chez le *Nigella Damascena*.
Fig. 1. Structure de la racine.
Fig. 1-2-3. Les transformations du système tégumentaire.

---

(1) Même chez les Viciées.

(2) J'ai décrit plus haut, le plus brièvement possible, page 299, les transformations anatomiques dont le collet est le siège. Je ne puis y revenir ici.

Fig. 4. Passage de l'orientation centripète à la disposition sécantielle.

Fig. 5. Orientation sécantielle.

Fig. 6. Disposition radiale.

Fig. 7-10. *Fumaria grandiflora,* passage complet.

Fig. 7. Le cylindre central de la racine.

Fig. 8. Apparition de la moelle.

Fig. 9. Formation des faisceaux libéro-ligneux.

Fig. 10. Faisceaux radiaux.

Fig. 11-15. Les différents états du cylindre central dans l'axe hypocotylé du *Raphanus niger.*

PLANCHE 16.

Fig. 16. *Viola odorata.* 5 millimètres au-dessous des cotylédons, disposition intermédiaire des f. vasculaires en Y.

Fig. 17. *Lychnis githago.* Extrémité supérieure de la tigelle. Structure presque normale de la tige. *fvr.* Faisceaux provenant de la racine. — *fvt.* Faisceaux destinés au premier entrenœud.

Fig. 18-19-20. Différentes phases du cylindre central chez le *Linum usitatissimum.*

Fig. 18. Orientation intermédiaire entre l'orientation centripète et l'orientation selon la sécante.

Fig. 19. Orientation radiale du sommet de la tigelle; — *fvr.* Faisceaux provenant directement de la racine.

Fig. 20. Structure à la base des cotylédons. Naissance des nervures latérales (*nl*) et des nervures médianes (*nm*).

Fig. 21-25. Passage chez l'*Althæa rosea.*

Fig. 21. Cylindre central de la racine.

Fig. 22. Cylindre central de la racine à 2 centimètres des cotylédons. — *nm.* Faisceaux vasculaires qui donneront naissance aux nervures médianes. — *fvnl.* Nervures latérales.

Fig. 23. Le cylindre central à 5 millimètres des cotylédons.

Fig. 24. Le cylindre central à 3 millimètres des cotylédons.

Fig. 25. Naissance des cotylédons. Les masses vasculaires au moment de la séparation de ces organes.

Fig. 26-28. *Impatiens glanduligera.*

Fig. 26. Racine type (C. central).

Fig. 27. C. central de la racine au point où s'insèrent les radicelles, près de l'extrémité inférieure de la tigelle.

Fig. 28. Les éléments de la nervure médiane à la base des cotylédons.

Fig. 29-30. *Tropæolum majus.*

Fig. 29. Naissance des faisceaux cotylédonnaires *fc,* et du premier entrenœud *fvt.* — *b.* Bourgeon.

Fig. 30. Naissance des faisceaux médians (*nm*) et latéraux (*nl*) des cotylédons.

Fig. 31-35. *Oranger.*

Fig. 31-33. Transformation du système tégumentaire. — 31. Racine type. — 32. Base de la racine. — 33. Tigelle. *gl.* Glande.

Fig. 34. Racine.

Fig. 35. Tigelle avant le départ des cotylédons : Un faisceau du premier cotylédon ; deux faisceaux du deuxième cotylédon, ils n'ont pas encore l'orientation radiale ; trois faisceaux provenant de la racine et destinés au premier entrenœud ; quatre faisceaux de nouvelle formation ayant la même destination.

PLANCHE 17.

Fig. 36-41. *Acer campestre.*

Fig. 36. Cylindre central de la racine un peu au-dessous de la limite inférieure du collet.

Fig. 37. Cylindre central, 8 millimètres au-dessous du changement d'épiderme.

Fig. 38. Cylindre central, 4 millimètres au-dessous du changement d'épiderme.

Fig. 39. Cylindre central de la tigelle, 5 millimètres au-dessus du changement d'épiderme.

Fig. 40. La tigelle entière, 5 millimètres au-dessus du changement d'épiderme.

Fig. 41. Une des moitiés de la tigelle vers le quatrième centimètre, fusion des faisceaux libéro-ligneux.

Fig. 42-44. *Ervum lens.*

Fig. 42. Cylindre central de la racine : *fl'*, fibres libériennes.

Fig. 43. Cylindre central de la tigelle, un peu au-dessous des cotylédons. *fv*, faisceaux vasculaires primaires ; *bs*, bois secondaire ; *fvc*, faisc. vasculaires destinés en partie aux cotylédons ; *fvt*, faisceau vasculaire destiné à la tige.

Fig. 44. Cylindre central du premier entrenœud un peu au-dessus des cotylédons. Le résidu ligneux radical *rr* forme une étoile à trois branches ; *rfvc*, résidu des faisceaux *fvc* de la figure précédente ; *ff*, faisc. foliaires ; *fr*, faisc. réparateurs.

Fig. 62-63. Transformation du système tégumentaire chez l'*Atriplex hastata.*

Fig. 62. Racine. — 63. Tigelle.

PLANCHE 18.

Fig. 45. *Ervum lens.*

Fig. 45. Cylindre central du premier entrenœud, près de l'insertion de la première feuille. Le résidu vasculaire (ligneux) radical *rr* est composé seulement de deux faisceaux centripètes. Les autres lettres comme dans les figures. 43-44.

Fig. 46-50. *Dipsacus laciniatus* ; l'axe hypocotylé.

Fig. 46. Cylindre central de la racine.

Fig. 47. Cylindre central de la tigelle, 2 1/2 centimètres au-dessus du changement d'épiderme.

Fig. 48. Cylindre central de la tigelle, 4 centimètres au-dessus du changement d'épiderme.

Fig. 49. Cylindre central de la tigelle, 4 1/2 centimètres au-dessus du changement d'épiderme, près de la naissance des cotylédons.

Fig. 50. Naissance des cotylédons *k* et des premières feuilles. Distribution des faisceaux de la tigelle. Origine des nervures latérales des feuilles séminales.

Fig. 51-52. *Tagetes erecta.*

Fig. 51. Une partie du cylindre central, 5 millimètres au-dessus du changement d'épiderme; *tp*, trachée primitive.

Fig. 52. La même, 3 centimètres plus haut.

Fig. 53-54. *Datura stramonium*.

Fig. 53. Cylindre central à la base de la tigelle. Les faisceaux vasculaires se coupent en trois masses.

Fig. 54. Le même, 3 1/2 centimètres au-dessous des cotylédons; *tp*, trachée primitive.

Fig. 55. *Galeopsis ladanum*. Formation du cambium aux dépens du tissu conjonctif devant les faisceaux vasculaires, après séparation de la trachée primitive *tp* du péricambium *p*.

Fig. 56. *Primula auricula*. Même origine du cambium, 8 millimètres au-dessus du changement d'épiderme.

Fig. 57-61. Différents états du cylindre central de la racine du *Mirabilis jalapa*.

Fig. 57. Racine, type binaire (fig. 58). Origine et (fig. 59) complet achèvement du type quaternaire; apparition de la moelle.

Fig. 60. Division des faisceaux vasculaires en Y, et superposition de leur partie interne au liber.

Fig. 61. Cylindre central seulement; vers le changement d'épiderme. Les faisceaux libéro-ligneux *fl* sont séparés par les petites masses trachéennes qui disparaissent dans le parcours de la tigelle.

PLANCHE 19.

Fig. 64. *Castanea vesca*. Le péricambium *p*, largement séparé dans la tigelle du cambium *c*; *b*, bois secondaire; *p'*, parenchyme séparant largement les deux tissus générateurs.

Fig. 65-66. *Damasoninm stellatum*. Cylindre central de la racine et parties voisines; *tr*, trabécules.

Fig. 66. Structure de la tige près de l'insertion du cotylédon. Un seul faisceau libéro-ligneux.

Fig. 67-68. *Triglochin palustre*.

Fig. 67. Cylindre central de la racine ayant le caractère monocotylédone.

Fig. 68. Le même, après avoir pris le type dicotylédone.

Fig. 69-72. *Selaginella denticulata*.

Fig. 69. Racine.

Fig. 70. Sommet de la racine *r*, à la hauteur du pied *pd*. Naissance des deux petites racines latérales *r'*. Ces radicelles échappent à la dichotomie.

Fig. 71. Tige immédiatement après sa sortie du prothalle. La structure de la tige est déjà réalisée; *tr*, trabécule.

Fig. 72. Le cylindre central, près de la première dichotomie de la tige. Les trachées primitives sont centrales.

Fig. 73-74. *Asplenium striatum*.

Fig. 73. Racine.

Fig. 74. Le cylindre central de la tigelle à la naissance de cet organe.

Fig. 75-76. *Adianthum acuneatum*
Fig. 75. Racine (cylindre central).
Fig. 76. Le cylindre central de la tigelle, à la naissance de cet organe dans le prothalle.

Vu et approuvé, Paris, le 26 avril 1881,
Le Doyen de la Faculté des sciences,
MILNE EDWARDS.

Vu et permis d'imprimer, le 30 avril 1881,
Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,
GRÉARD.

TABLE DES ARTICLES

CONTENUS DANS CE VOLUME.

ORGANOGRAPHIE, ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES.

Recherches sur l'appareil tégumentaire des Racines, par M. L. Olivier.. 5
Sur quelques formations cellulosiennes locales, par M. Julien Vesque... 181
La tige des Ampélidées, par M. d'Arbaumont........................ 186
Sur l'origine des grains d'amidon, par M. A. F. W. Schimper.......... 256
Recherches sur l'accroissement des grains d'amidon, par M. A. F. W. Schimper.. 264
Recherches sur le passage de la Racine à la Tige, par M. R. Gérard.... 279

FLORES ET GÉOGRAPHIE BOTANIQUE.

Catalogue des Plantes phanérogames et cryptogames vasculaires de la Guyane française, par M. P. Sagot.............................. 134

TABLE DES MATIÈRES

PAR NOMS D'AUTEURS.

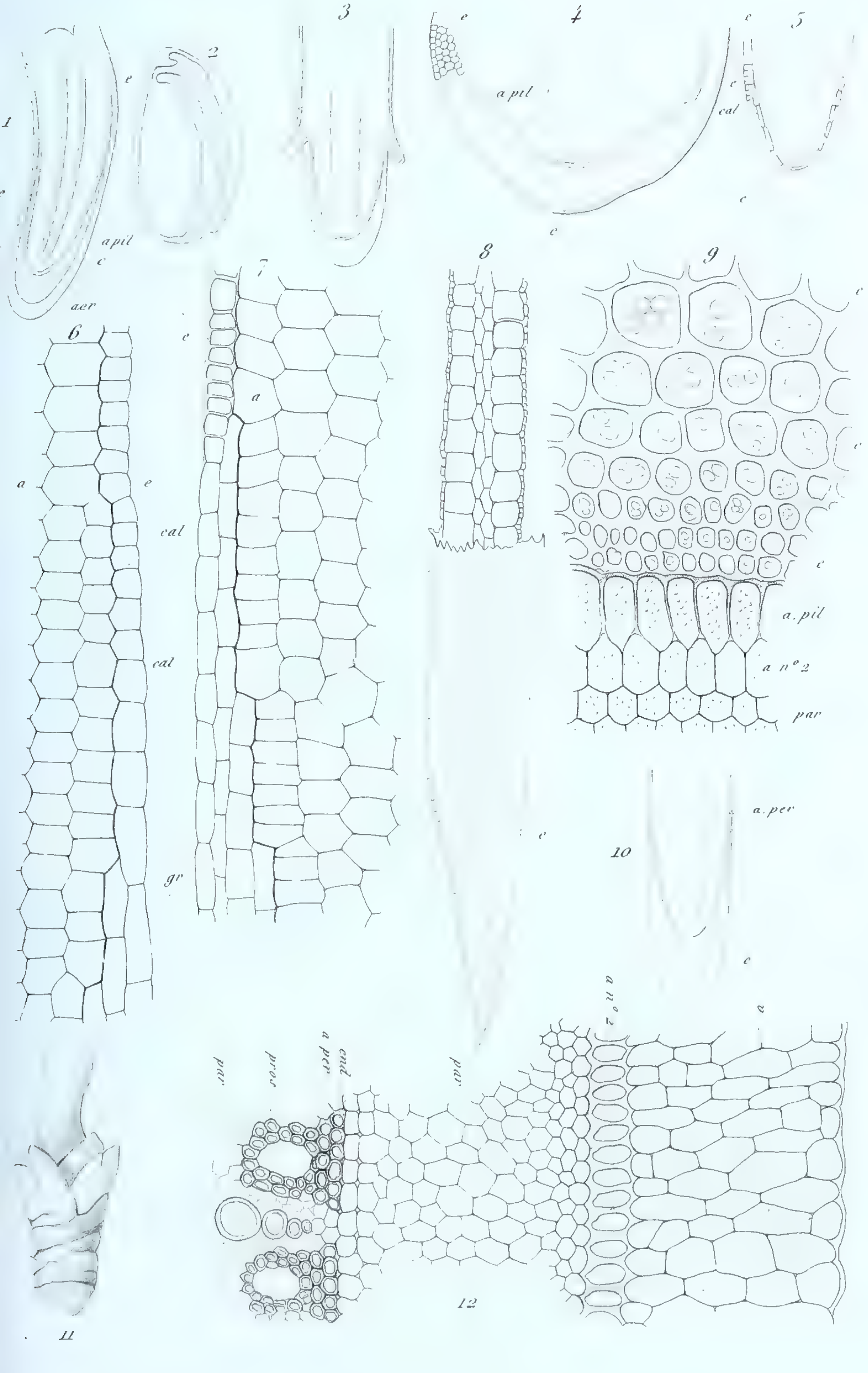
Arbaumont (d'). La tige des Ampélidées..................... 186
Gérard (R.). Recherches sur le passage de la Racine à la Tige. 279
Olivier (Louis) Recherches sur l'appareil tégumentaire des Racines.................... 5
Sagot (Paul). Catalogue des Plantes phanérogames et cryptogames vasculaires de la Guyane française............ 134
Schimper (A. F. W.). Sur l'origine des grains d'amidon..... 256
— Recherches sur l'accroissement des grains d'amidon.... 264
Vesque (Julien). Sur quelques formations cellulosiennes locales.................... 181

TABLE DES PLANCHES

RELATIVES AUX MÉMOIRES CONTENUS DANS CE VOLUME.

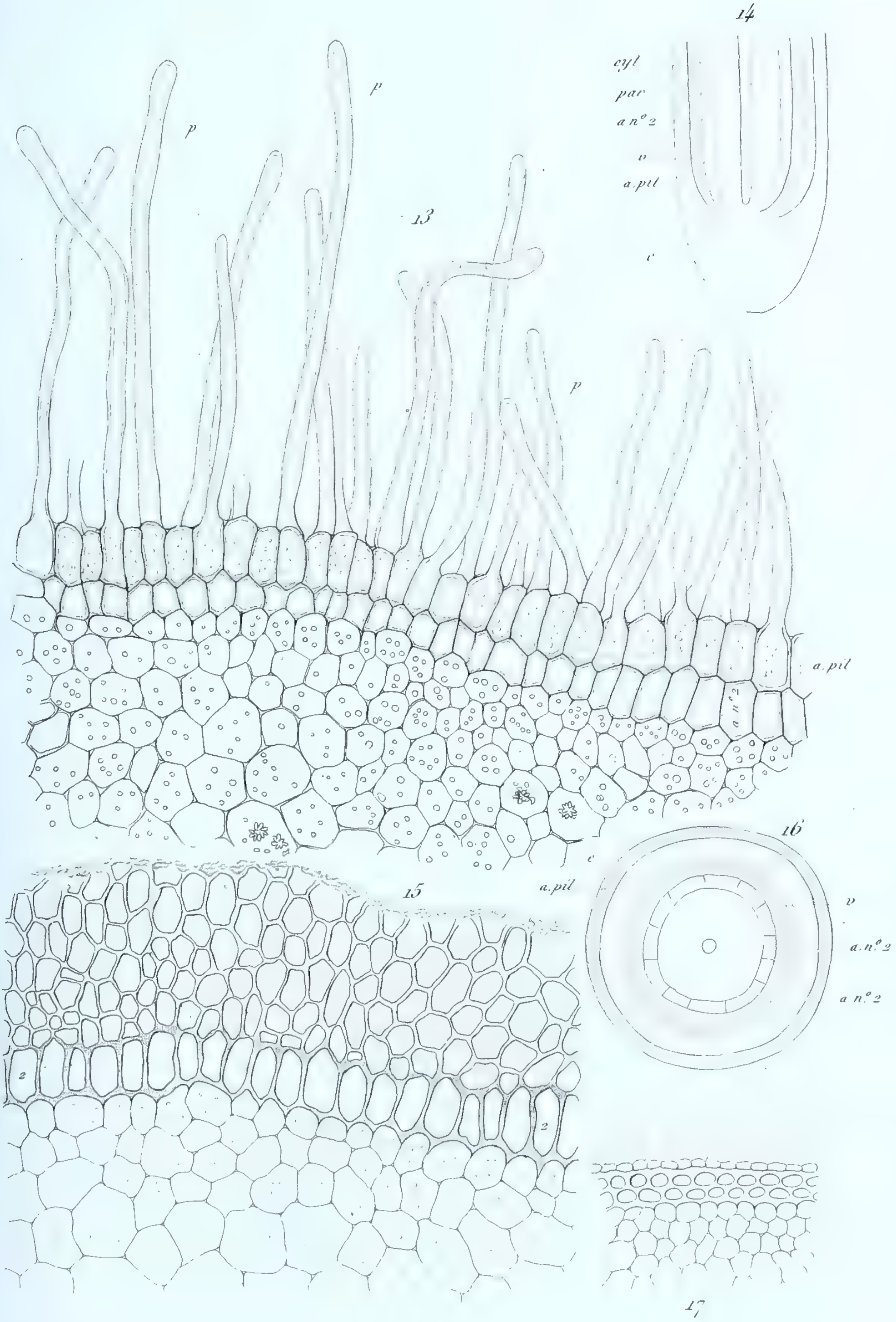
Planche 1-8. Appareil tégumentaire des Racines.
— 9. Productions cellulosiennes locales.
— 10. Corpuscules amylogènes.
— 11-14. Tige des Ampélidées.
— 15-18. Passage de la Racine à la Tige.

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.


1
2
3
4
5
e
apil
c
aer
a pil
cal
6
7
8
9
a
cal
gr
a. pil
a n° 2
par
10
a. per
11
12
par
scl
a per
end

is Olivier del. Pierre sc

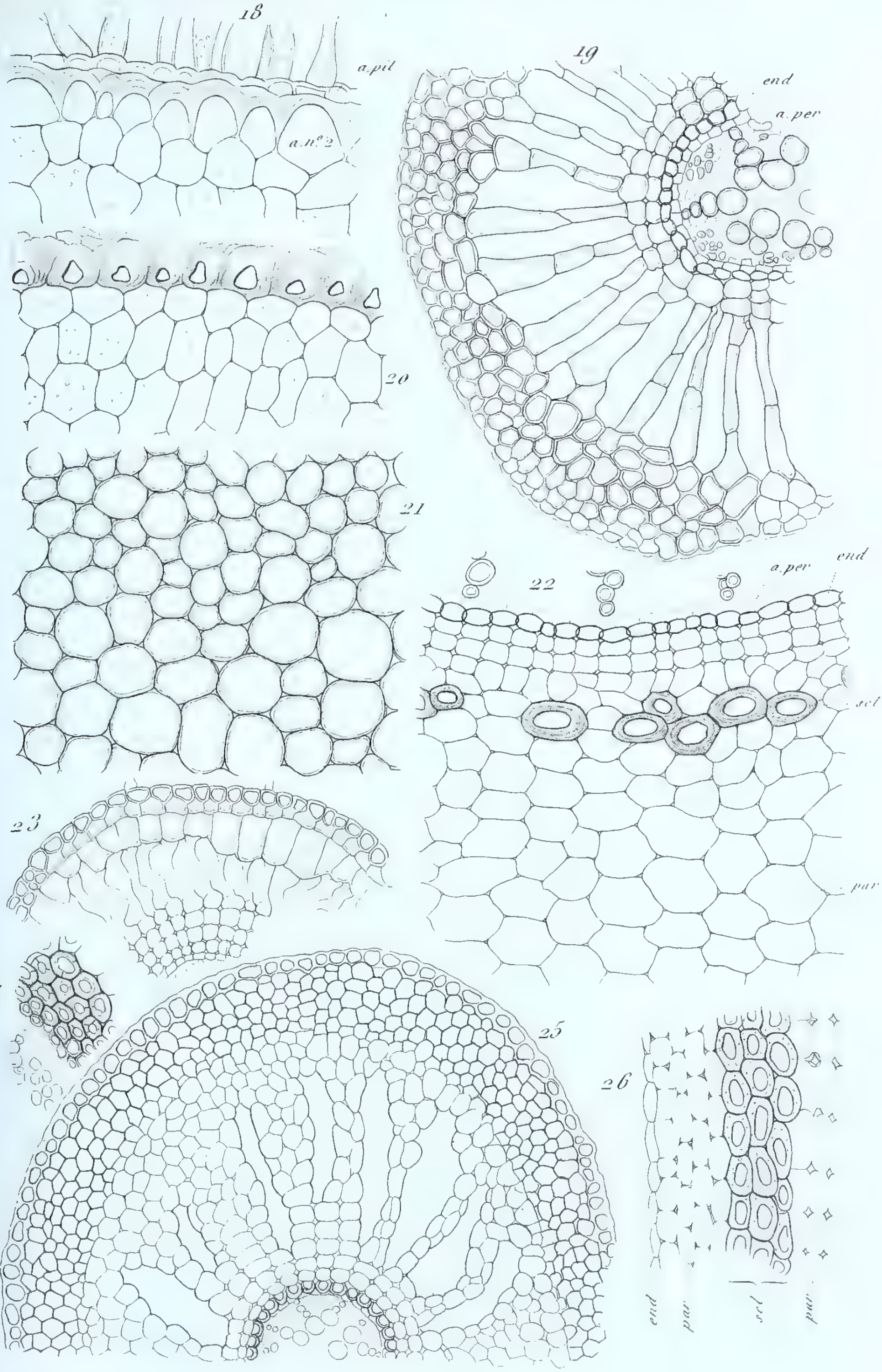
Appareil tégumentaire des Racines.


14
cyl
par
a n° 2
v
a.pil
c
p
p
13
p
a.pil
a n° 2
c
a.pil
15
2
2
16
v
a. n° 2
a n° 2
17

Louis Olivier del. Pierre sc.

Appareil tégumentaire des Racines

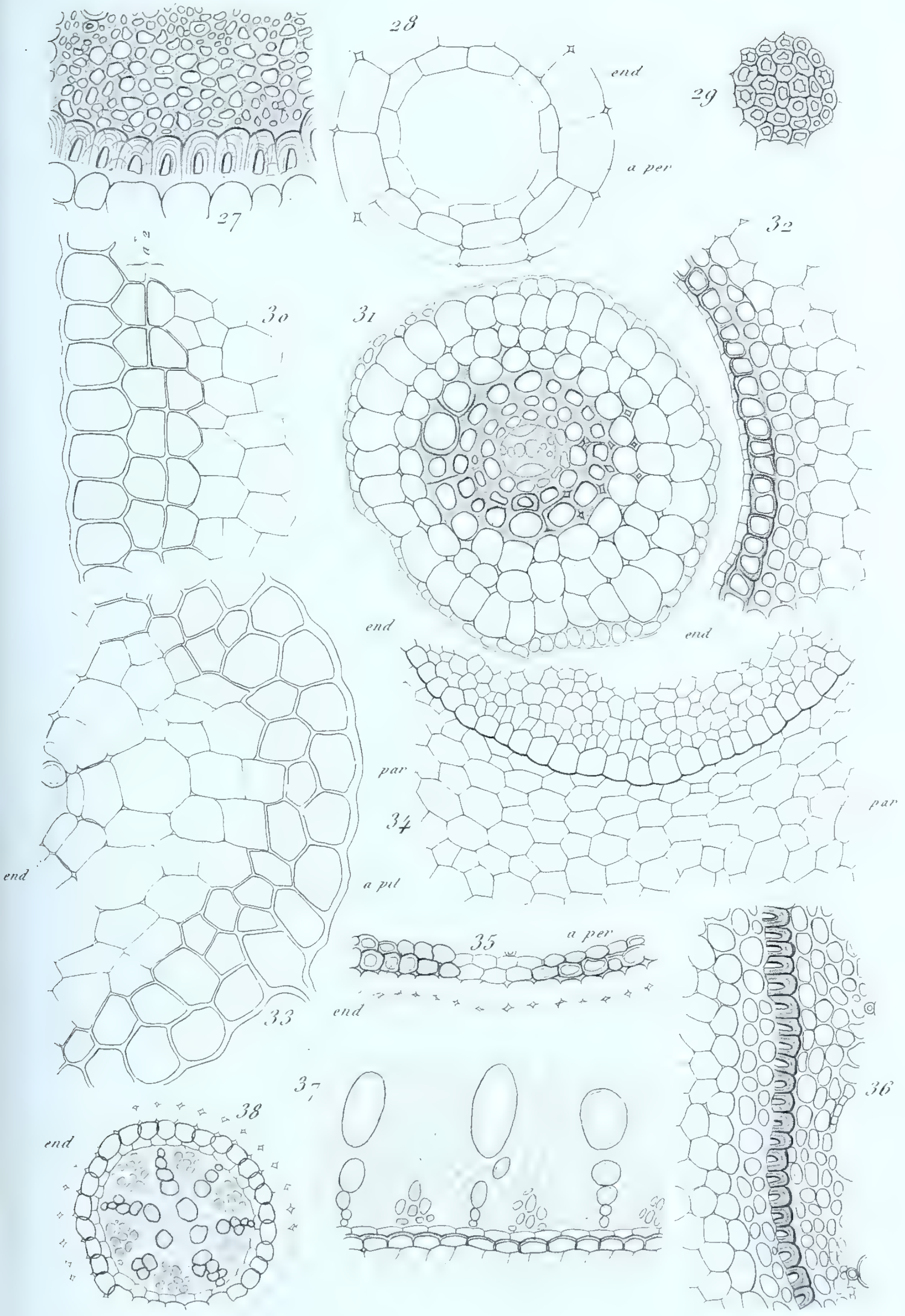
Imp. A. Salmon, Paris


18
a.pil
a.n°2
19
end
a.per
20
21
22
a.per
end
scl
par
23
24
25
26
end
par
scl
par

Louis Olivier del. *Pierre sc*

Appareil tégumentaire des Racines.

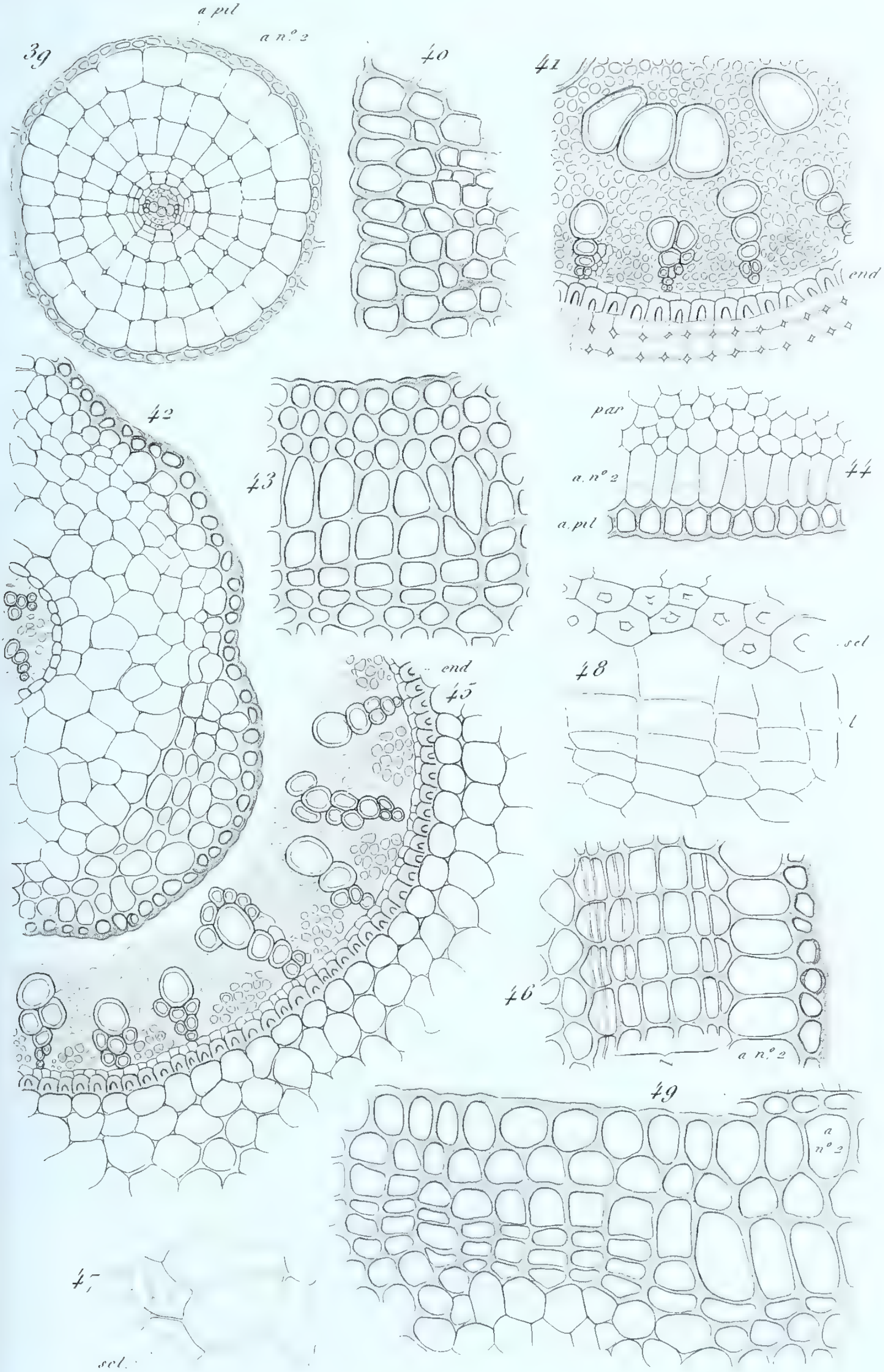
Imp. A. Salmon, Paris.


27
28
end
a per
29
30
n 2
31
32
33
end
34
end
end
par
par
a pil
35
a per
end
36
37
38
end

Louis Olivier del. Pierre sc.

Appareil tégumentaire des Racines.

Imp. A. Salmon, Paris.

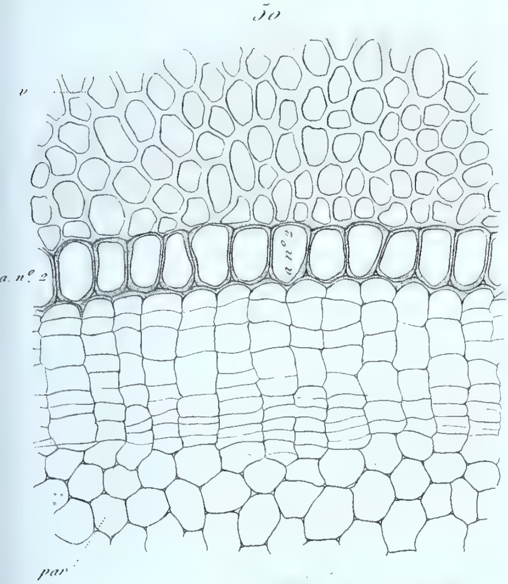

a pil
a n.° 2
39
40
41
end
42
43
par
44
a. n.° 2
a. pil
sel
48
l
end
45
46
a n.° 2
49
a n.° 2
47
sel.

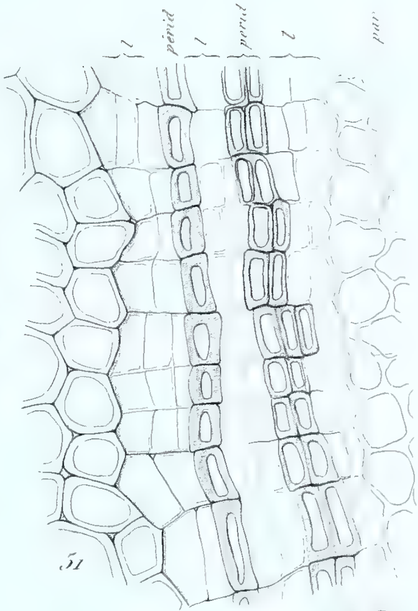
Louis Olivier del

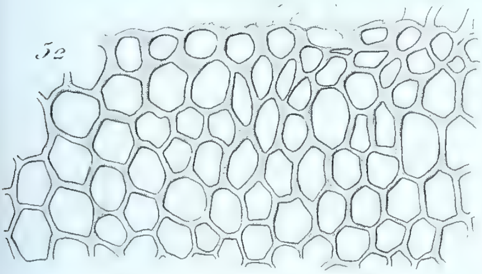
Pierre sc

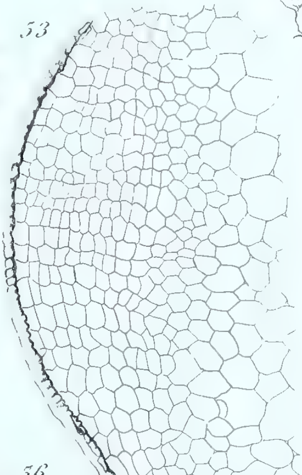
Appareil tégumentaire des Racines

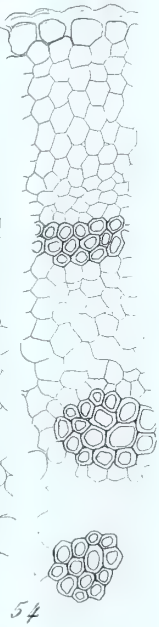
Imp. A. Salmon, Paris

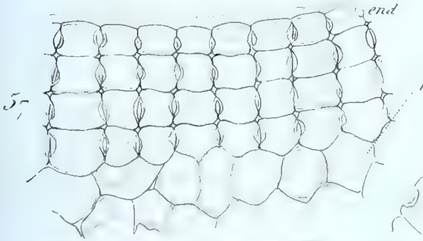

50
v
v
a. n° 2
a n° 2
par

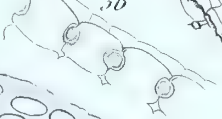

l
périd
l
périd
l
par
51

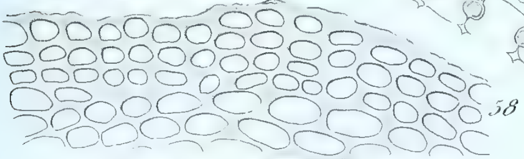


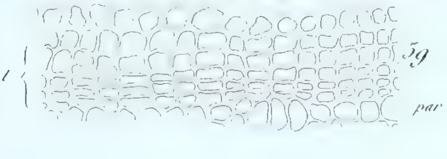


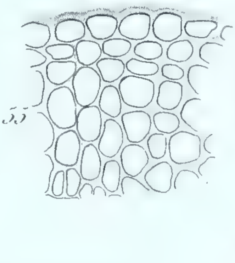


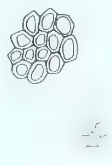








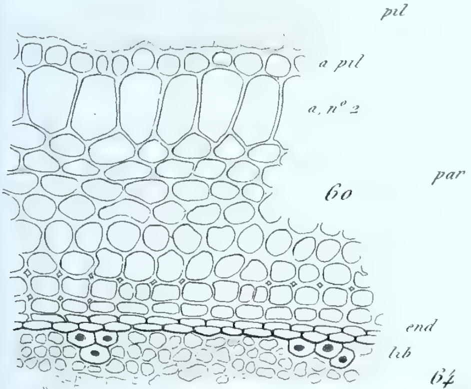


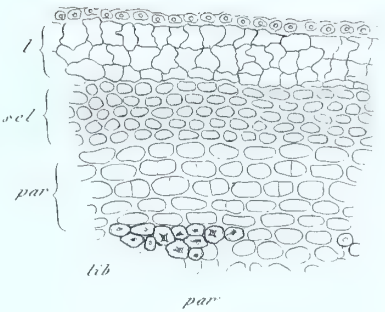


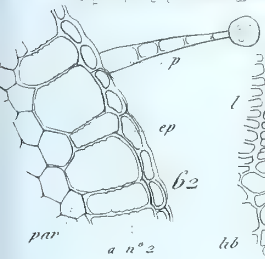
ouis Olivier del. Pierre sc.

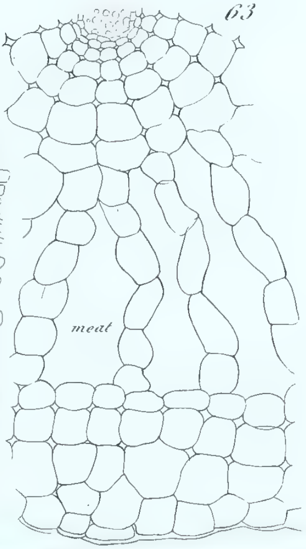
Appareil tégumentaire des Racines.

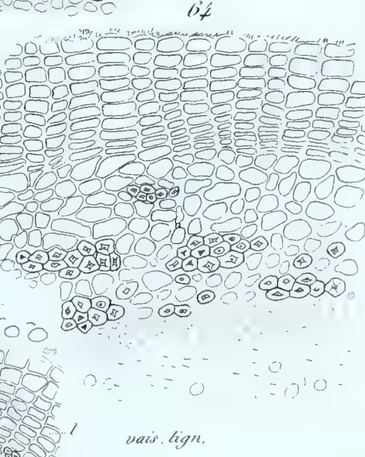
Imp. A. Salmon, Paris.

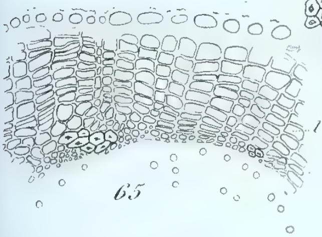

60
pil
a pil
a, n° 2
par
end
lib

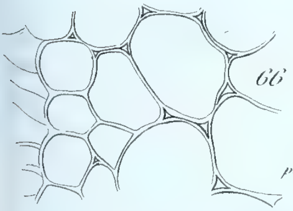

61
l
scl
par
lib
par

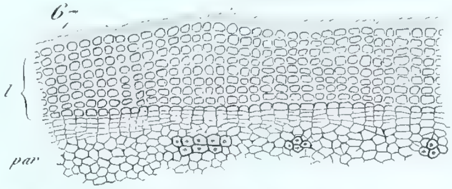

62

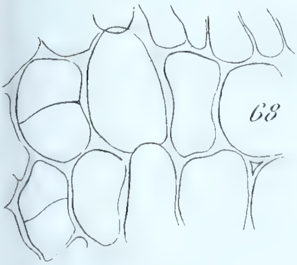

63
par. int
meat

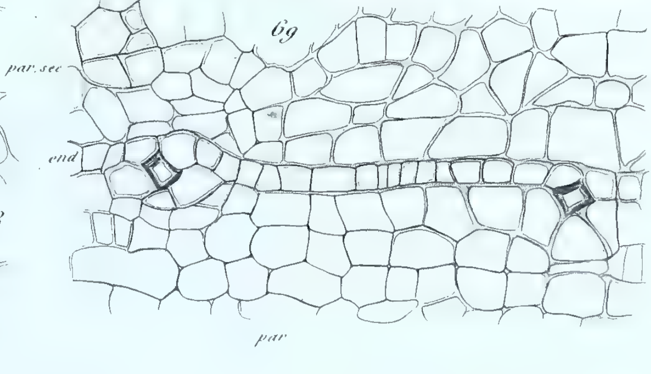

64
l
lib
vais. lign.


65


66


67


68

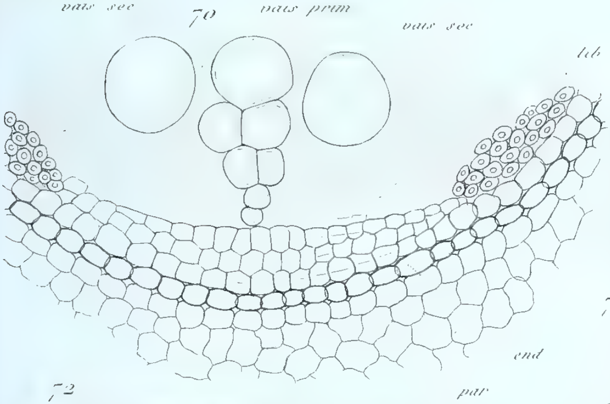

69
par. sec
end
par

Louis Olivier del. Pierre sc.

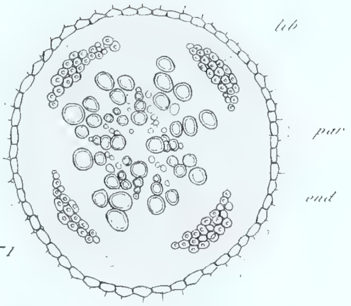
Appareil tégumentaire des Racines

Imp. A. Salmon, Paris.

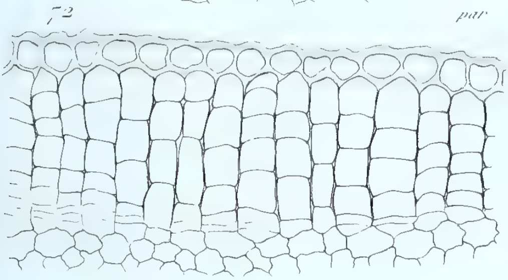
70


vais sec
vais prim
vais sec
lib
end

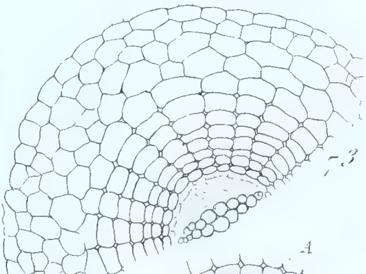
71



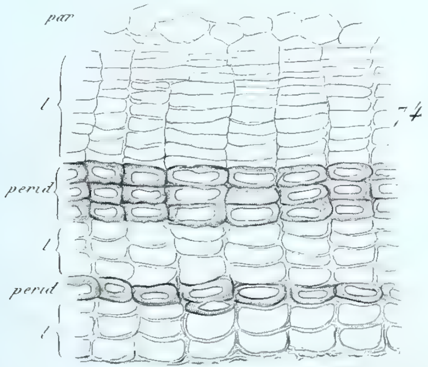
72



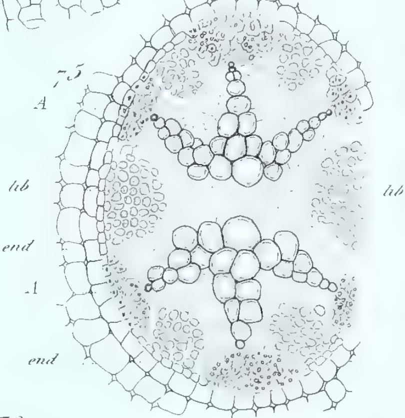
73



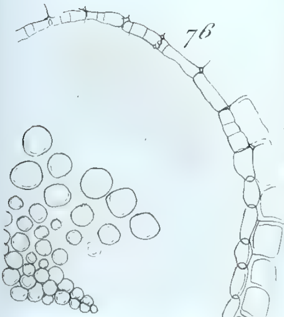
74


par
l
perid
l
perid
l

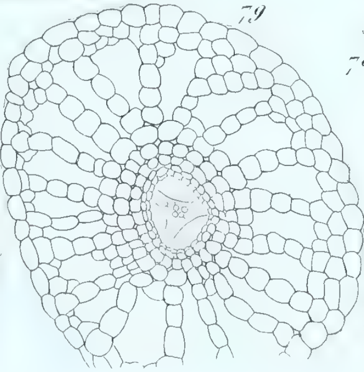
75


A
A
lib
end
A
end
lib

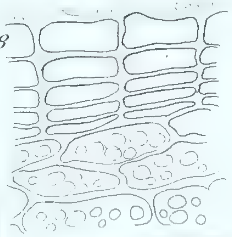
76



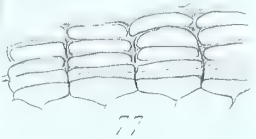
79



78



77

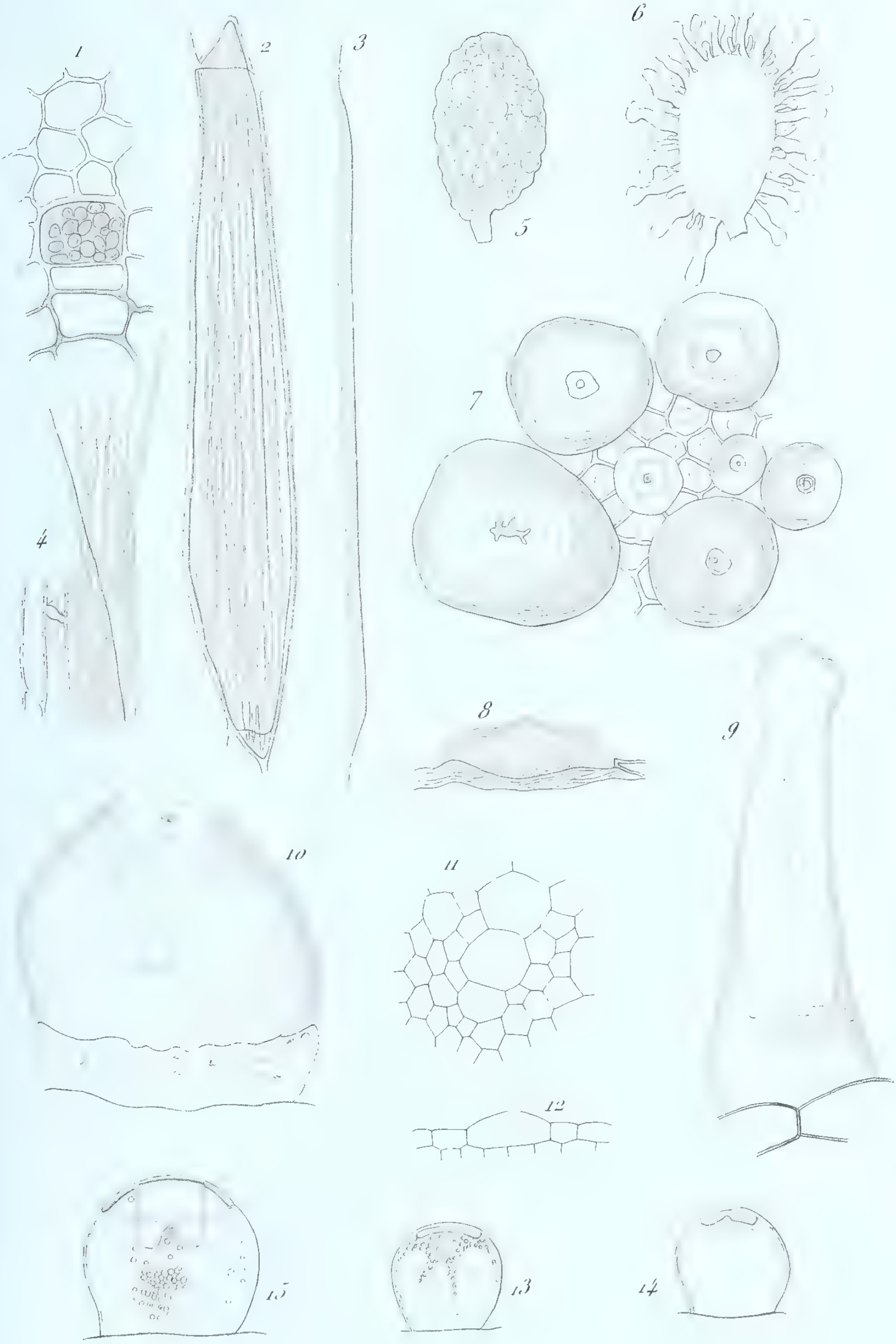


Louis Olivier del.

Pierre sc.

Appareil tégumentaire des Racines.

Imp. A. Salmon, Paris.

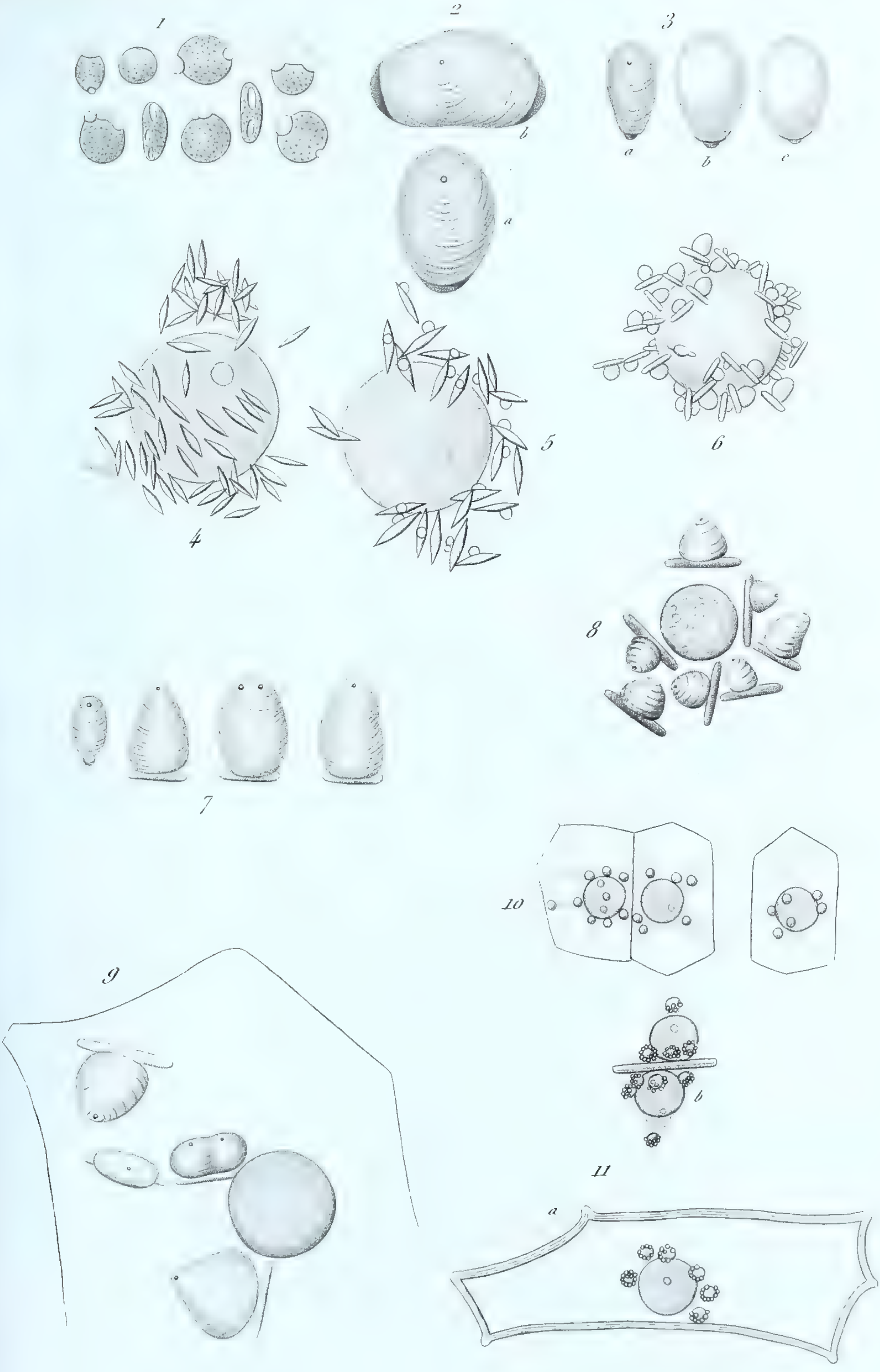

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

J. Vesque del.
Pierre sc.

Production cellulaires locales.

Imp. A. Salmon, Paris.

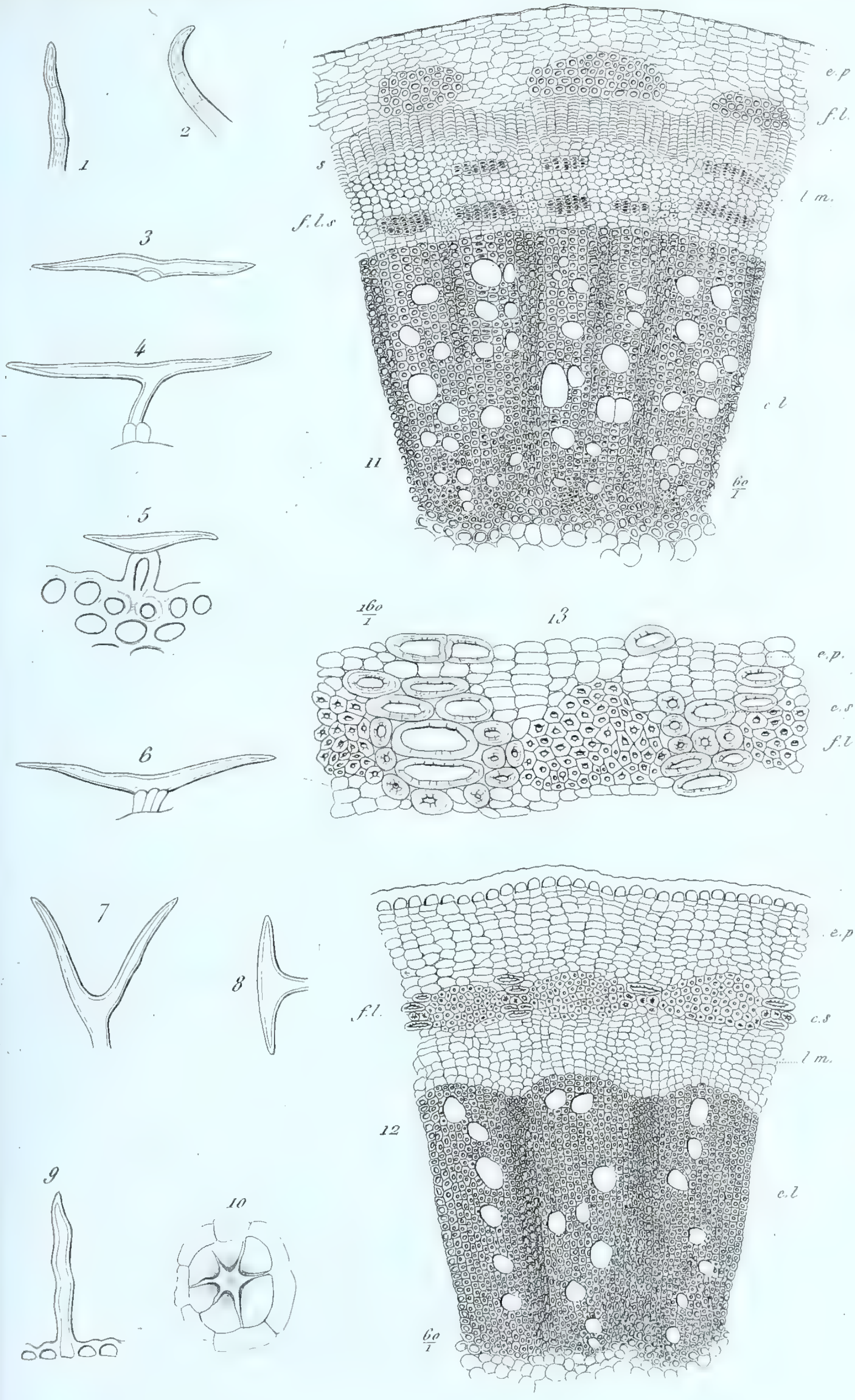
BRITISH MUSEUM


1
2
b
a
3
a
b
c
4
5
6
7
8
9
10
11
b
a

A. F. W. Schimper del. Mlle Blum sc.

Corpuscules amylogènes

Imp. A. Salmon, Paris


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
e.p
f.l.
s
l m.
f.l.s
c.l
60/1
160/1
e.p.
c.s
f.l
e.p
f.l.
c.s
l m.
12
c.l
60/1

J. d'Arbaumont del.

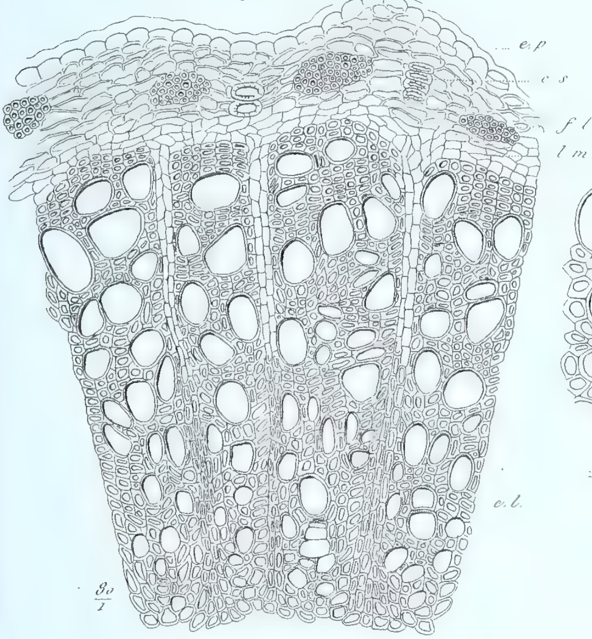
Pierre sc.

Tige des Ampélidées.

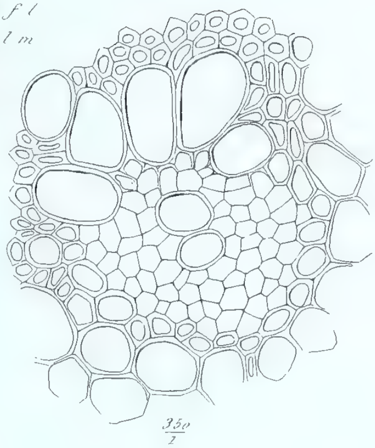
Imp. A. Salmon, Paris

BRITISH MUSEUM
B
NATURAL H

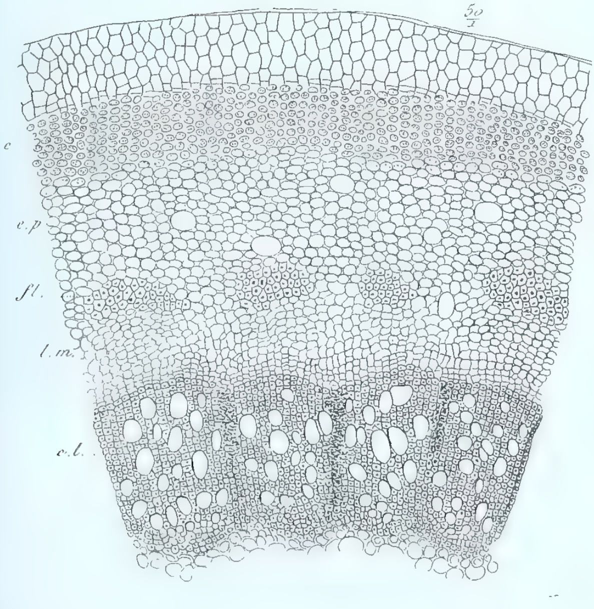
1


e.p
c.s
f.l
l.m
c.l.
80/1

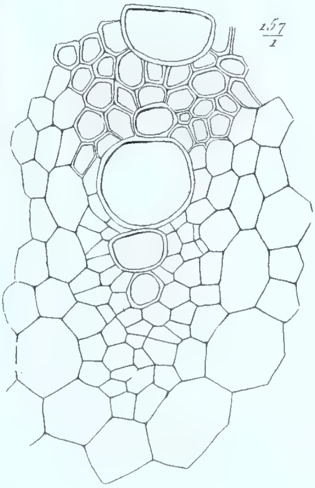
3



2


50/1
c
e.p
fl.
l.m.
c.l.

4



J. d'Arbaumont del.

Pierre sc.

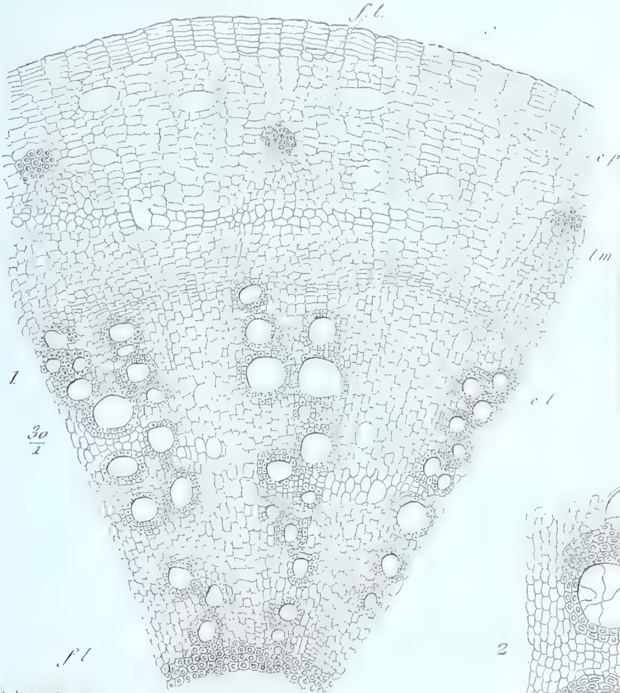
Tige des Ampélidées.

Imp. A. Salmon, Paris

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY

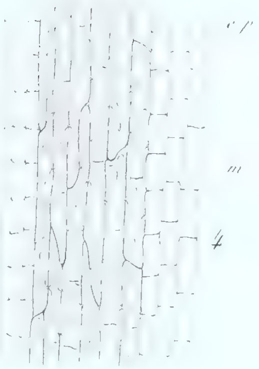
Ann. des Scienc. nat. 6e Série.

Bot. Tome 11, Pl. 13

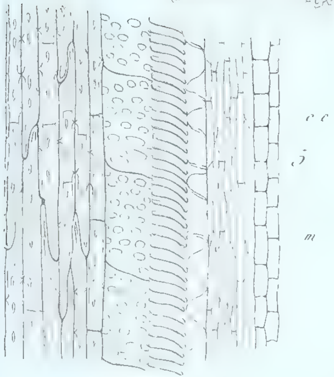


1.

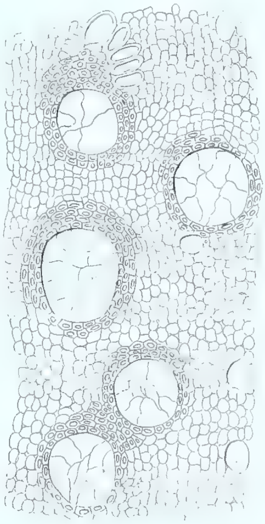
30/1



4



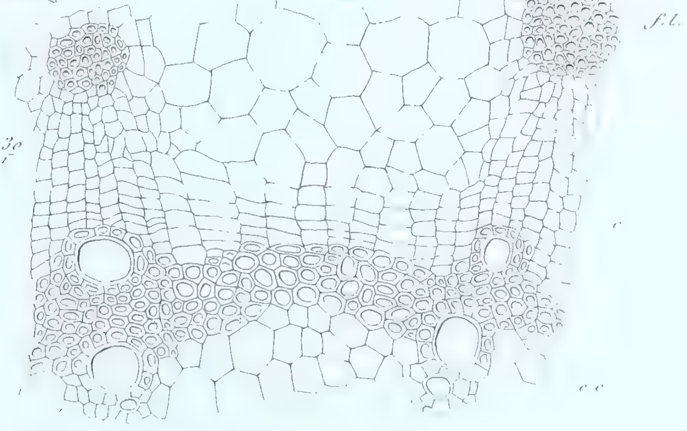
5



2

83/1

3



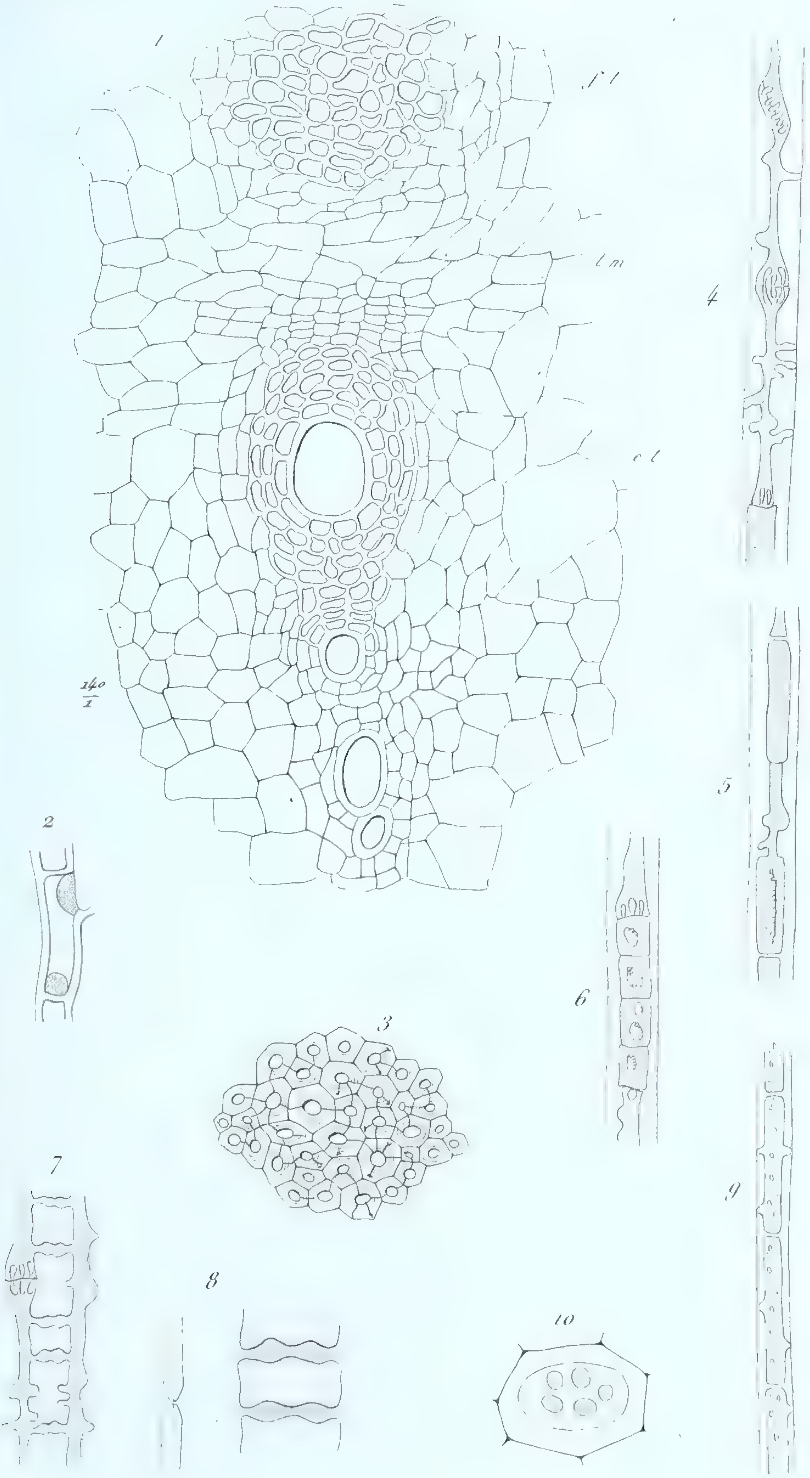
130/1

J. d'Arbaumont del.

Pierre sc.

Tige des Ampélidées.

Imp. A. Salmon, Paris.

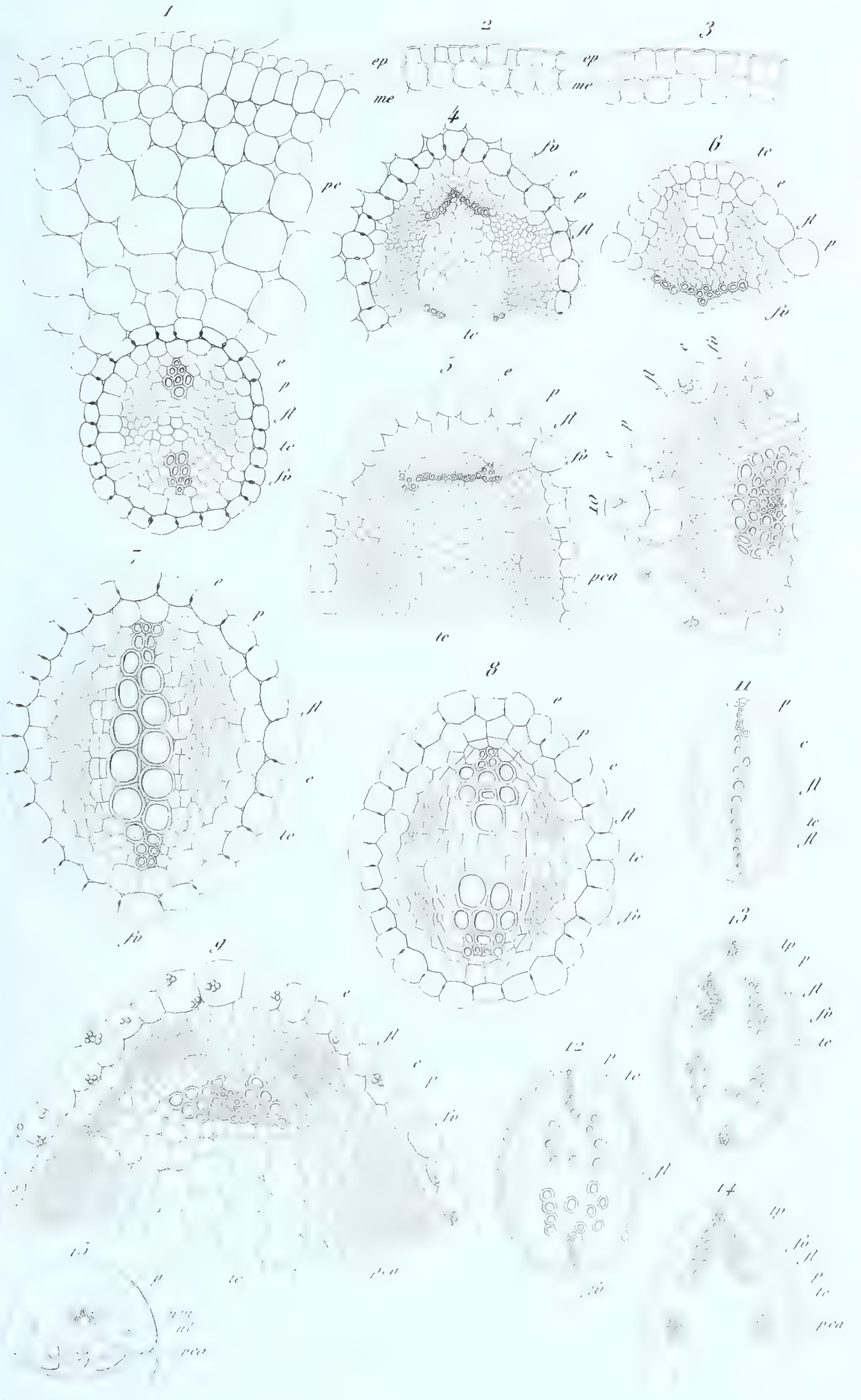

1
f l
l m
c l
140/1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

J. d'Arbaumont del. Pierre sc.

Tige des Ampélidées.

Imp. A. Salmon, Paris.

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
ep
me
pc
e
p
fl
tc
fv
pca
tp
rm

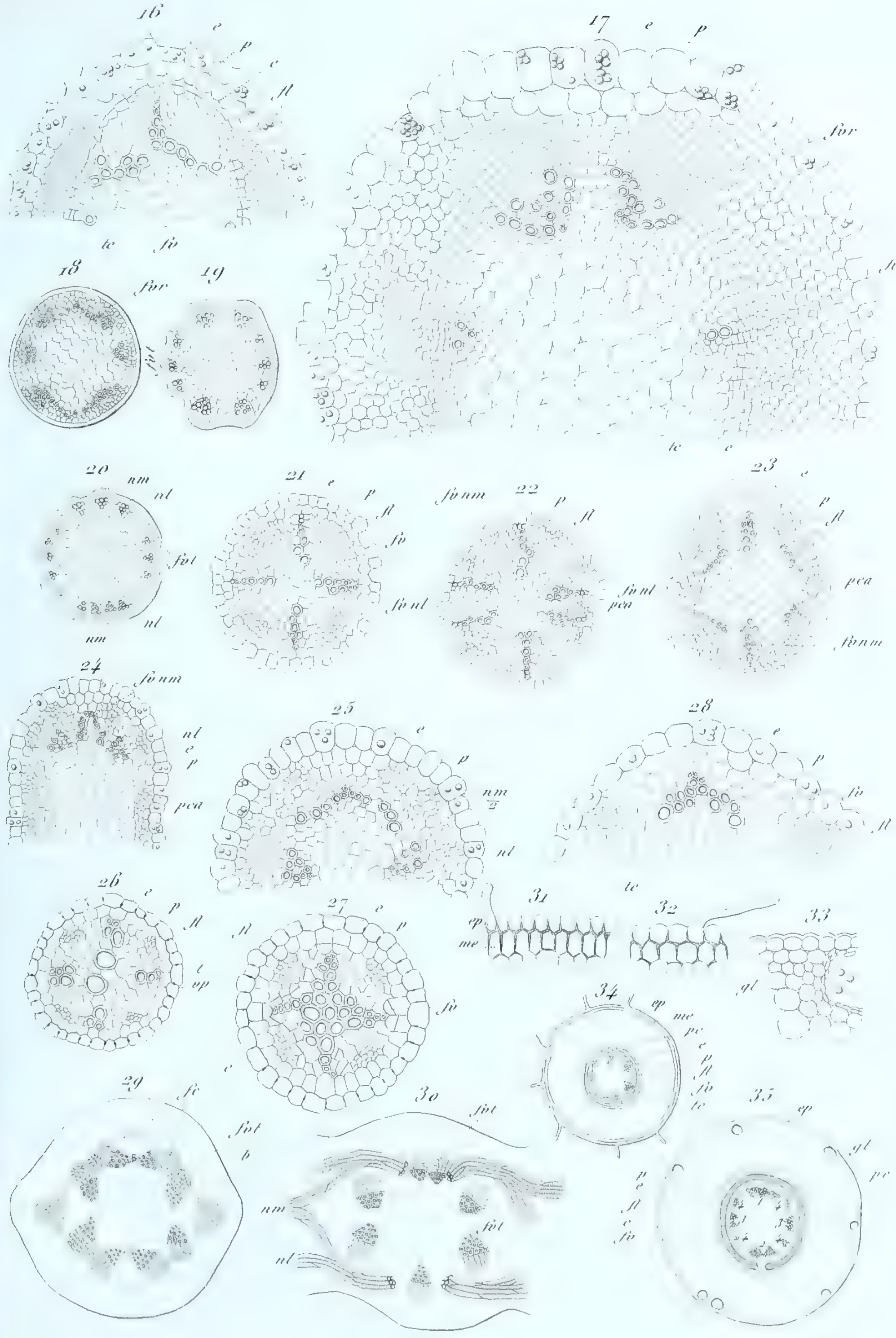
R. Gérard del.

Lagesse sc.

Passage de la racine à la tige.

Imp. A. Salmon, Paris.

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY


16
e
p
e
fl
te
fv
17
e
p
fvr
fvt
te
e
18
fvr
fvt
19
20
nm
nl
fvt
nl
nm
21
e
p
fl
fv
fv nl
22
fv nm
p
fl
fv nl
pea
23
e
p
fl
pea
fv nm
24
fv nm
nl
e
p
pea
25
e
p
nm/2
nl
28
e
p
fv
fl
te
26
e
p
fl
t
ep
27
e
p
fl
fv
e
31
ep
me
32
33
gl
34
ep
me
pe
e
p
fl
fv
te
29
fe
fvt
b
30
fvt
nm
fvt
nl
35
ep
gl
pe
p
e
fl
e
fv

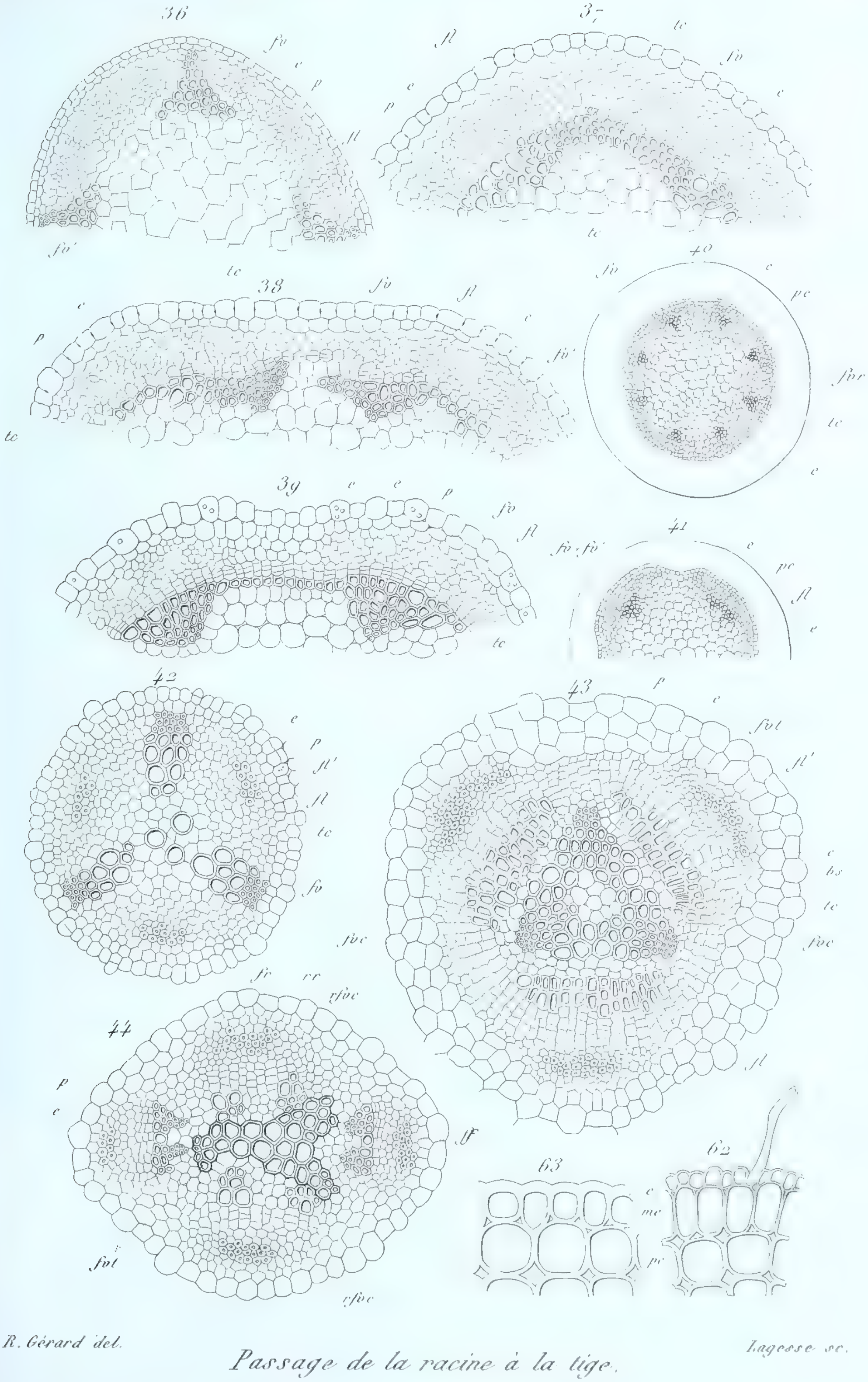
R. Gérard del.

Lagesse sc.

Passage de la racine à la tige.

Imp. A. Salmon, Paris.

BRITISH MUSEUM NATURAL HISTORY


36
fv
e
p
fl
fv'
37
tc
fl
fv
e
p
e
tc
38
tc
fv
fl
e
p
e
fv'
tc
40
fv
e
pe
fvr
tc
e
39
e
e
p
fv
fl
tc
41
fv; fv'
e
pe
fl
e
42
e
p
fl'
fl
tc
fv
fvc
43
p
e
fvl
fl'
e
bs
tc
fvc
fl
44
fr
rr
rfvc
p
e
ff
fvl
rfvc
63
62
e
me
pc

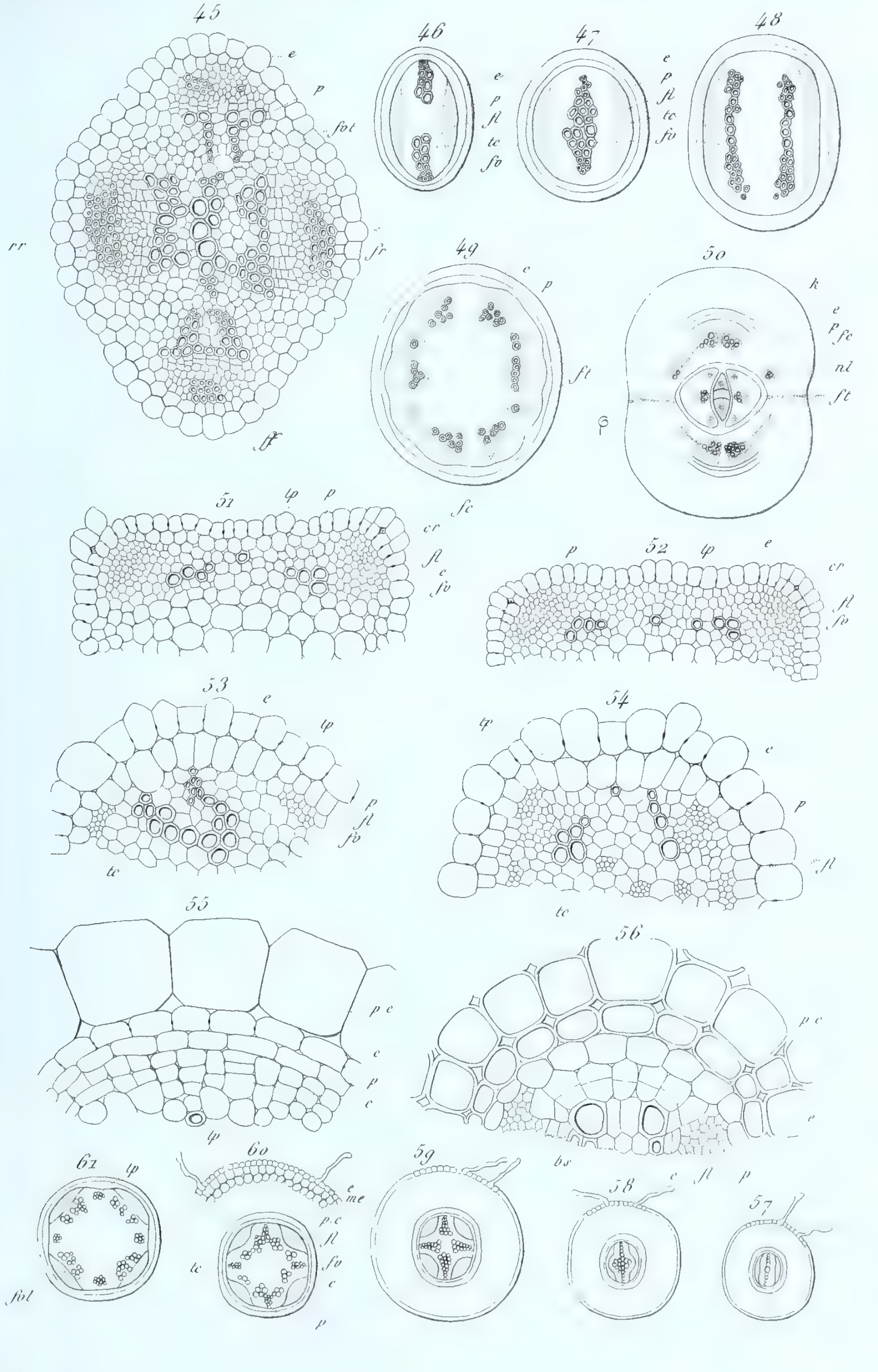
R. Gérard del.

Lagesse sc.

Passage de la racine à la tige.

Imp. A. Salmon, Paris.

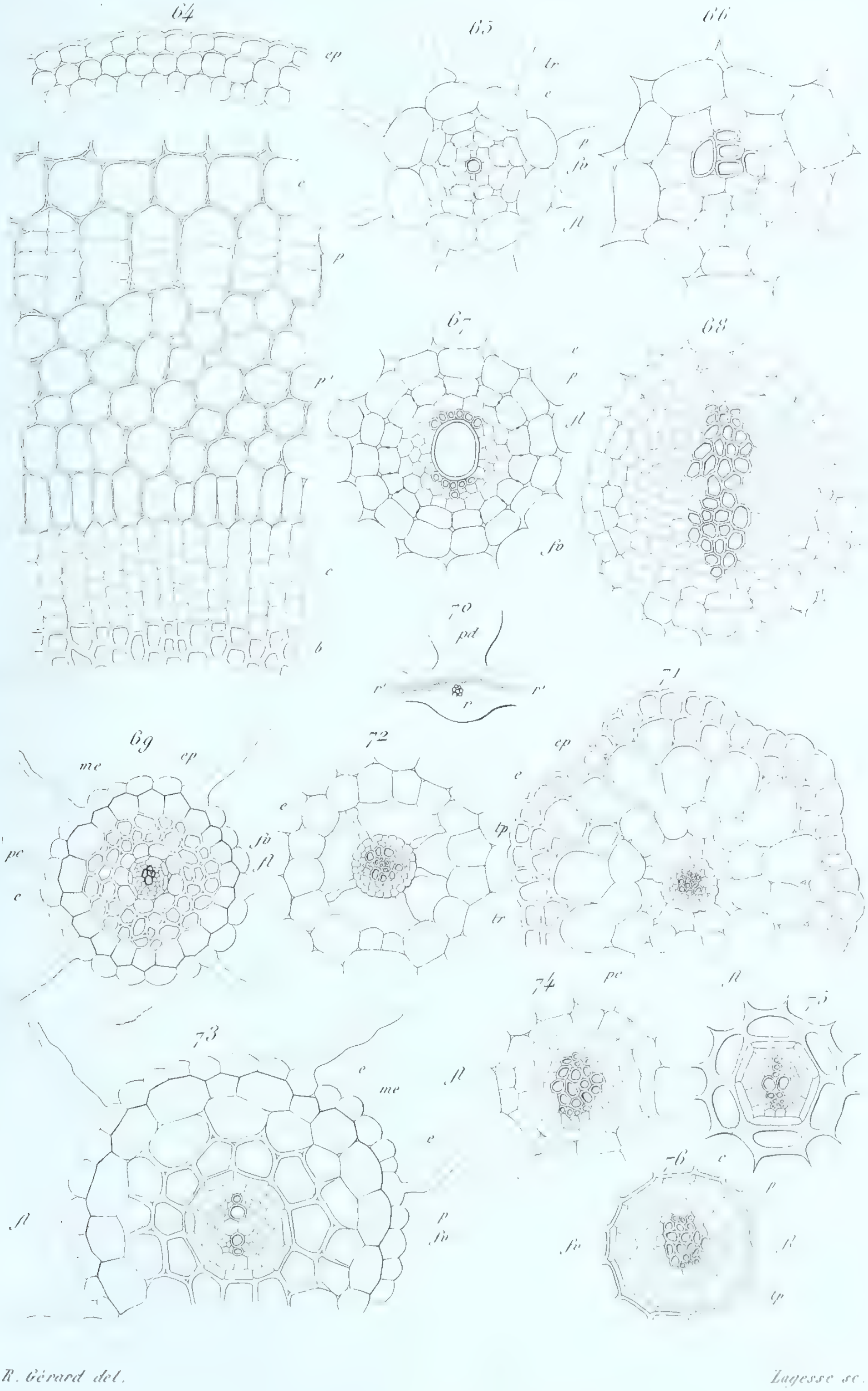
BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


45
e
p
fot
rr
fr
ff
46
47
48
e
p
fl
tc
fv
49
e
p
ft
50
k
e
p
fc
nl
ft
51
lp
p
fc
cr
fl
e
fv
52
p
lp
e
cr
fl
fv
53
e
lp
p
fl
fv
tc
54
lp
e
p
fl
tc
55
p c
e
p
c
lp
56
p c
e
bs
61
lp
fol
60
e
me
p.c
fl
fv
c
p
tc
59
58
e
fl
p
57

R. Gérard del. Lagesse sc.

Passage de la racine à la tige.

Imp. A. Salmon Paris.


64
ep
c
p
p'
c
b
65
tr
e
p
fv
fl
66
67
e
p
fl
fv
68
70
pd
r'
r
r'
71
ep
e
tp
tr
69
me
ep
pc
e
fv
fl
72
e
74
pc
fl
75
73
e
me
fl
e
fl
p
fv
76
e
p
fv
fl
tp

R. Gérard del. Lagesse sc.

Passage de la racine à la tige.

Imp. A. Salmon, Paris

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY